

Experiencias novedosas en la enseñanza de la ingeniería ambiental

Novel experiences in teaching Environmental Engineering

Novas experiências no ensino de Engenharia Ambiental

Alice Elizabeth González,¹
ORCID: [0000-0002-2827-5052](https://orcid.org/0000-0002-2827-5052)

Lady Carolina Ramírez².

1 Es Ingeniera Civil (Op. Hidráulica y Sanitaria) por la Universidad de la República y Doctora en Ingeniería (Ingeniería Ambiental) por la misma Universidad. Es Profesora Titular efectiva del Departamento de Ingeniería Ambiental del IMFIA, Facultad de Ingeniería, Udelar.

2 Es Ingeniera Industrial por la Universidad del Norte (Colombia) y Doctora en Ingeniería Ambiental por la Universidad de la República. Es Profesora Adjunta efectiva y actual Jefa del Departamento de Ingeniería Ambiental del IMFIA, Facultad de Ingeniería, Udelar.

Resumen

La enseñanza superior ofrece permanentes desafíos a los docentes, que muchas veces los asumen y los enfrentan con menos herramientas de las que desearían. A lo largo del tiempo, además, los desafíos se renuevan y el docente debe reinventarse y buscar nuevas formas de llegar a los estudiantes para mantener su interés, su motivación y contribuir a que cada uno logre sacar lo mejor de sí para aprovechar al máximo su etapa de formación. Este artículo presenta un conjunto de experiencias de aula en la enseñanza de la ingeniería ambiental en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, desarrolladas durante más de dos décadas de exploración para perfeccionar el dictado de los cursos, que se comparten pues se consideran exitosas. Quizás puedan ser inspiradoras o de utilidad para nuestros colegas.

Palabras clave: enseñanza de la ingeniería, enseñanza superior, metacognición, aprendizaje plenamente consciente.

Abstract

Higher education offers permanent challenges for teachers, who often assume them and face them with fewer tools than they would like. Over time, in addition, the challenges are renewed, and the teacher must reinvent himself/herself and look for new ways to reach the students to maintain their interest, their motivation and help each one to get the best out of themselves to make the most of their learning stage. This article presents a set of classroom experiences in teaching environmental engineering at the Faculty of Engineering of the Universidad de la República, developed along more than two decades of exploring how to improve the courses, which are shared because they are considered successful. Perhaps they can be inspiring or useful to our colleagues.

Keywords: engineering education, higher education, metacognition, fully conscious learning.

Recibido: 07-08-2024
Aceptado: 03-09-2025

Resumo

O ensino superior oferece desafios permanentes aos professores, que muitas vezes os assumem e os enfrentam com menos ferramentas do que gostariam. Além disso, com o passar do tempo, os desafios se renovam e o professor deve se reinventar e buscar novas formas de atingir aos estudantes para manter o interesse, a motivação, e ajudar cada um a alcançar o melhor de si para aproveitar ao máximo sua etapa de treinamento. Este artigo apresenta um conjunto de experiências de ensino de engenharia ambiental na Faculdade de Engenharia da Universidad de la República, desenvolvidas durante mais de duas décadas de exploração para melhorar os cursos, que são compartilhadas porque são consideradas bem sucedidas. Talvez possam ser inspiradoras ou úteis para os nossos colegas.

Palavras-chave: ensino de engenharia, ensino superior, metacognição, aprendizagem totalmente consciente.

Introducción

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República alberga a algunos miles de estudiantes que se forman en diferentes ramas de la ingeniería, lo que es muy deseable en un país que los necesita y les ofrece oportunidades laborales en los ámbitos público y privado. Sin embargo, no está exenta de algunos problemas que preocupan, como la deserción estudiantil o las dificultades para avanzar en la carrera, especialmente durante los primeros semestres (Unidad de Enseñanza de la Facultad de Ingeniería, 2017; Unidad de Enseñanza de Facultad de Ingeniería, 2018; Pratto Burgos, Alessandrini, Fernández y Otegui, 2021).

Además de esos grandes temas que requieren un abordaje institucional, hay otros problemas quizás de menor orden, pero que preocupan a algunos docentes: la frustración y pérdida de autoestima que acompaña muchas veces a los magros resultados académicos en los primeros semestres; la dificultad para mantener la motivación estudiantil a lo largo de los cursos, que posiblemente también esté relacionada con el rezago y la deserción estudiantil; y las dificultades de expresión oral y escrita que semestre a semestre, año a año se constatan tanto en tareas como en evaluaciones parciales y finales.

Este artículo recopila un conjunto de experiencias en aulas de la carrera de Ingeniería Ambiental (grado y posgrado) desarrolladas a lo largo de más de dos décadas. No pretenden ser ex-

periencias pioneras ni mucho menos, ya que no se trata de metodologías nuevas en sí mismas. Simplemente se desea poner en valor ciertas formas de trabajo en el aula que han resultado eficaces y eficientes a lo largo del tiempo. Cubren desde recursos utilizados en una clase hasta estrategias desarrolladas en un semestre lectivo; algunas de las experiencias seleccionadas también se han aplicado en instancias de evaluación.

Las experiencias presentadas resultan novedosas por ser su ámbito de aplicación las aulas de clases correspondientes a cursos de Ingeniería Ambiental. Se refieren a temas de metacognición, mejora de habilidades comunicacionales orales y escritas, fortalecimiento de la autoestima, entre otros aspectos. La implementación de las experiencias presentadas surge del interés del equipo docente por fomentar el desarrollo integral del estudiante de ingeniería, caracterizado por tener un muy buen nivel en las áreas de formación técnicas específicas, pero frecuentemente también falencias en la expresión oral y escrita. Por la diversidad de instancias y modalidades en las que se han desarrollado (cursos de grado y de posgrado, masivos y de grupos pequeños, virtuales y presenciales), se consideran experiencias “robustas” y podrían ser útiles para otros docentes que busquen incrementar la motivación y la autovaloración del estudiante, aportándole algunos recursos que contribuyan a su futura vida estudiantil y profesional. Aunque se sabe que no

hay ninguna estrategia didáctica que por su sola aplicación pueda asegurar el éxito en la enseñanza terciaria —entendiendo por *éxito* el lograr incrementar la motivación y la autoestima estudiantil a la vez que se logran aprendizajes significativos y se incorporan herramientas prácticas útiles para una vida de aprendizaje continuo—, estas experiencias han sido exitosas en el sentido planteado; además de su robustez, sus resultados exitosos son también parte de la motivación por compartirlas.

El marco temporal seleccionado (casi veinticinco años) tiene su inicio en el momento en que la Unidad de Enseñanza de la Facultad de Ingeniería comenzó a formar sistemáticamente a los docentes de la facultad en cuanto “enseñantes”, por lo que se trata de experiencias que han tenido su fundamentación en los cursos realizados, las reflexiones que ellos han generado y los desafíos que las autoras han ido tomando como propios a partir de esas experiencias: mantener el interés y la motivación de los estudiantes, si es posible más allá de un curso en particular; mejorar la autoestima de los estudiantes que no tienen un resultado académico como el que desearían; fomentar y fortalecer la reflexión autocrítica y la metacognición; y mejorar la expresión oral y escrita de los estudiantes.

Luego de esta introducción, el artículo describe las características principales de los cursos en que se han implementado las experiencias a las que se hará referencia. Luego se de-

sarrollan las experiencias propiamente dichas, organizadas en cinco ejes: motivación, expresión oral y escrita, pensamiento crítico, metacognición y fortalecimiento de la autoestima. Como ninguno de estos ejes es estanco, las experiencias se han asociado a uno de los ejes discutidos, pero pueden también aportar en el sentido de alguno de los otros ejes desarrollados. Por último, se incluye una reflexión final, que no pretende ser más que eso: una reflexión de docentes con muchos años de práctica de aula, pero sin formación académica como profesionales de la enseñanza, más allá de la multiplicidad de cursos que tanto la universidad como la Facultad de Ingeniería ofrecen para fortalecer a quienes así lo desean para desempeñar en mejores condiciones esa función vital de la docencia universitaria.

2. Algunas experiencias en el aula

2.1. Características de los cursos involucrados

Las experiencias que aquí se incluyen corresponden a los cursos de Elementos de Ingeniería Ambiental (EIIA), Módulo Taller de Extensión en Ingeniería Ambiental (ModEx), Introducción a la Evaluación y Gestión Ambiental (IEGA) y Evaluación de Impacto Ambiental (EvIA). EIIA es un curso de grado considerado masivo (aproximadamente 140 estudiantes de por lo menos tres carreras), en que los estudiantes realizan un recorrido por un amplio panorama de temas ambientales. Las clases son expositivas pero participativas y enfatizan en una indagación de los conceptos previos y en la deconstrucción de posibles conceptos erróneos que pudieran surgir en esa indagación. El curso tiene exoneración total a través de tareas individuales y grupales. La experiencia que se reseña tiene que

ver con una modalidad anterior de aprobación que supo tener este curso: monografías obligatorias que se desarrollaban en forma asistida en equipos de no más de cinco personas y se defendían en un oral grupal que usualmente implicaba un juego de roles. Los cursos de ModEx y de IEGA son cursos de grado cuya matrícula usualmente está entre cinco y quince participantes, con la diferencia de que el ModEx tiene por lo general un público de la primera mitad de la carrera, en tanto IEGA está recomendada para los últimos semestres. En el ModEx es usual que los estudiantes tengan pocas unidades curriculares para cursar, pues aún deben aprobar alguna asignatura “pesada” de los primeros semestres, y eso les deja tiempo para matricularse en este módulo. Los ejes disciplinarios usuales en el ModEx son la contaminación sonora y la gestión integral de residuos sólidos. En torno al tema concreto elegido para trabajar —que se presenta como un problema a resolver aplicando la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)—, se suele plantear la metodología de *design thinking* (pensamiento de diseño), realizar talleres *hands on* y desarrollar actividades para mejorar la expresión oral y escrita. La aprobación del curso involucra la producción de un informe escrito que se realiza en forma colaborativa, la defensa grupal oral del trabajo, la autoevaluación y la evaluación de los compañeros de grupo en cuanto a su desempeño, según una pauta dada que aborda aspectos como calidad de la participación, aportes, solidaridad y compromiso, entre otros.

Por su parte, IEGA es un curso que toma estudiantes de las últimas etapas de las carreras de Ingeniería Civil perfil Hidráulico y Ambiental e Ingeniería Química. Las clases son participativas y se realizan tareas individuales, de a pares y en grupos de tres o cuatro estudiantes; parte de ellas se desarrolla en el horario de clase, con

el acompañamiento del docente. Dos de las tareas grupales deben defenderse en un taller de juego de roles que se lleva a cabo al final de cada mitad del semestre: una se refiere a evaluación ambiental estratégica y la otra a estudio de impacto ambiental. El examen final es un oral individual obligatorio.

Por último, EvIA es un curso de posgrado que usualmente congrega una treintena de participantes, mayoritariamente egresados de diferentes ramas de la ingeniería, aunque puede haber profesionales de otras disciplinas que tomen la asignatura como curso de Educación Permanente. Durante el curso se realiza un estudio de impacto ambiental en grupos de cuatro o cinco personas, sobre un tema propuesto por los integrantes de cada grupo. En cada clase se dedica un tiempo para el trabajo en taller. La aprobación del curso incluye evaluación continua, la entrega del documento del mencionado estudio y su defensa en un juego de roles, a modo de simulacro de audiencia pública.

2.2. Motivación

Bellido Castaños (2024) recoge la definición de *motivación* que da Naranjo (2009):

[...] proceso que explica el inicio, dirección, intensidad y perseverancia de la conducta encaminada hacia el logro de una meta, modulado por las percepciones que los sujetos tienen de sí mismos y por las tareas a las que se tienen que enfrentar. (p. 9)

Si bien parte de los estudiantes tienen una motivación intrínseca para llevar adelante sus estudios, cada vez es más necesario trabajar los aspectos motivacionales para lograr que cada estudiante saque lo mejor de sí. Algunas estrategias de trabajo que se han aplicado en ese sentido son el ABP, el trabajo en proyectos de extensión

universitaria y la aproximación a la interdisciplina y la transdisciplina.

2.2.1. La experiencia extensionista

Muchas veces, durante el cursado del ModEx, los estudiantes se integran a proyectos de extensión universitaria en funcionamiento llevados a cabo por el equipo docente del Departamento de Ingeniería Ambiental (DIA) del Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de la Facultad de Ingeniería. Esto les genera un acercamiento sumamente rico a actores no universitarios que tienen la responsabilidad de llevar adelante el día a día del tema de trabajo, caso de estudio o problema a resolver. Esto implica un acercamiento a la realidad para practicar en ella cual si fuera un laboratorio más.

Los saberes no académicos, la experiencia interdisciplinaria, el abordaje integral, el trabajo de campo y el contacto con la realidad suelen configurar experiencias que redundan en una gran motivación y en un cambio de mirada en futuros problemas por abordar (González, Rezzano Tizze, Ramírez y Gianoli Kovar, 2019).

Entre los aprendizajes que se suelen adquirir en forma plenamente consciente (Langer, 1997) a través de este tipo de experiencia, cabe mencionar la importancia de la realidad como fuente de información para analizar o gestionar un problema de ingeniería o el aprender a acudir —para aclarar una duda— a quien tiene el contacto cotidiano con el tema, independientemente de su nivel de formación académica.

La formación en ingeniería, con sus exigencias y teoría, a veces distancia al estudiante de los problemas cotidianos, que serán su escenario de trabajo en la vida profesional. El contacto vivencial con la realidad desde todos sus ángulos (humano, geográfico, económico, cultural, entre otros), que se da naturalmente en las experiencias de extensión universitaria, es típico del ejercicio profesional de la ingeniería

ambiental, tanto en proyectos grandes como pequeños. Este contacto implica un desafío complejo desde varios puntos de vista y genera a su vez una motivación duradera en estudiantes “con ansias de realidad”, como lo suelen ser los estudiantes de ingeniería.

2.2.2. La experiencia inter y transdisciplinaria

En el ModEx los estudiantes también tienen un acercamiento a la realidad a través de la interacción y el relacionamiento con profesionales de otras disciplinas, además de con los actores sociales directamente involucrados en el caso que se estudia. En el primer caso, realizan una aproximación interdisciplinaria, concebida como “una estrategia pedagógica que implica la interacción de varias disciplinas, entendida como el diálogo y la colaboración de estas para lograr la meta de un nuevo conocimiento” (Van del Linde, como se citó en Carvajal Escobar, 2010). En el segundo, esbozan un ejercicio transdisciplinario, en cuanto para la Universidad Andrés Bello (s. f.) la transdisciplina “involucra la cooperación entre académicos y no académicos para abordar problemas complejos de manera integral, considerando múltiples dimensiones y perspectiva”. En concordancia con esta definición, Henríquez Aravena et al. (2021) dan una clara fundamentación de la importancia de formar a los estudiantes de hoy, que son los profesionales del mañana, en la práctica transdisciplinaria:

La transdisciplina ha ganado progresivamente un espacio en el mundo académico, cuestionando los límites tradicionales de la ciencia, trasgrediendo el foco disciplinar e integrando actores no científicos a la generación de conocimiento. Su atractivo ha estado en subrayar el carácter multidimensional y sistémico de los problemas contemporáneos, presionando hacia un diá-

logo colaborativo, [...] impulsando un cambio desde una investigación para la sociedad hacia una con la sociedad. (p. 2)

Efectivamente, en el ModEx los estudiantes, aunque en forma tímida e incipiente, van más allá de su saber disciplinario e interactúan con profesionales de otras disciplinas (médicos, licenciados en enfermería, arquitectos, trabajadores sociales, músicos profesionales, profesionales de varias ramas de la ingeniería, entre otros) y con vecinos, trabajadores, transeúntes y otros integrantes de la sociedad (González, Rezzano Tizze, Ramírez, López y Gianoli, 2016).

Para que esa interacción sea efectiva, lo primero que necesitan es lograr códigos de comunicación en común, que no solo implican aprender el léxico de sus interlocutores, sino adaptar y mejorar el propio, para ser claros, pero sin perder rigurosidad al expresarse. Este desafío resulta en general bastante motivante para los estudiantes, quienes a su vez se sienten respaldados para llevarlo adelante: en el curso se dedica tiempo a esto, no solamente preparando las instancias de entrevistas y practicando la escucha activa, sino también con dinámicas y trabajos orientados a la comunicación oral y escrita en diferentes contextos.

2.2.3. Juego de roles

El juego de roles es una estrategia pedagógica en que los estudiantes juegan diferentes papeles en el contexto de una situación verosímil planteada por el docente. Se ofrece un conjunto de reglas, pero no se establece un guion, por lo que los estudiantes tienen libertad para interpretar su personaje y recrear los valores y actitudes de este (Polo-Acosta et al., 2018).

El juego de roles tiene amplia aplicación en los cursos a que se refiere este artículo: se aplica en varias instancias a lo largo del ModEx y de IEGA, en las evaluaciones parciales de este últi-

mo curso y en la evaluación final del curso de posgrado de EvIA. También se utilizaba en una modalidad anterior de evaluación final de ElIA, en que los estudiantes debían defender el trabajo monográfico que habían realizado durante el curso.

Más allá de que tiene un innegable componente lúdico que, por lo general, es bienvenido —tanto por los estudiantes de grado como por los de posgrado— y utilizado para expresar algunas ideas a través de su personaje, que posiblemente no podrían expresar abiertamente en una evaluación convencional, es una forma diferente de poner en práctica los conocimientos que se desea evaluar.

Cuando se utiliza juego de roles en evaluaciones parciales o finales, se ha trabajado previamente en grupos elaborando o analizando estudios de impacto ambiental o documentos de evaluación ambiental estratégica. Cada grupo debe subir con cierta antelación el documento en que ha trabajado para ponerlo a disposición de los demás compañeros. Con esa información, cada estudiante debe elaborar un par de preguntas o intervenciones desde tres roles diferentes: un actor político y dos actores de la sociedad civil, uno que está a favor de la propuesta y otro que se opone a la ella. Las intervenciones deben ser fundamentadas y basarse en la información disponible en los documentos elaborados por los grupos, por lo que es necesario leerlos y analizarlos críticamente para poder formular lo solicitado. Llegado el momento, se le comunica a cada participante, en el momento de empezar el juego, qué rol le corresponde asumir. En la evaluación se toma en cuenta la calidad de las preguntas/intervenciones que el estudiante propuso desde los tres diferentes roles y su desempeño en el personaje o rol que efectivamente le ha tocado personificar en el juego.

En el caso del curso de EvIA, la calificación final tiene en cuenta no so-

lamente el juego de roles, sino la evaluación continua realizada a lo largo de los talleres del curso y la calidad del documento final elaborado por el grupo.

Usualmente se consulta a los participantes del curso a propósito de lo mejor y lo peor del curso, lo que cambiaría y lo que no, a modo de retroalimentación, para mejorarlo de una edición a la siguiente; sistemáticamente aparece en forma mayoritaria la evaluación en la modalidad de juego de roles como uno de los mejores aspectos del curso y que los estudiantes piden que no se cambie.

2.3. Expresión oral y escrita

En la Facultad de Ingeniería no es usual que se trabajen las habilidades de expresión oral y escrita en los diferentes cursos a lo largo de la carrera. De hecho, en los planes de estudio vigentes no se proponen cursos específicos/exclusivos en la temática, por lo que no es raro que los estudiantes avancen curricularmente hasta los proyectos finales y encuentren allí un escollo para la redacción de las memorias que deben entregar.

El desconocimiento de reglas de ortografía, la falta de tildes, el mal uso de los signos de puntuación y el abuso de gerundios son rasgos característicos de la escritura de muchos de los estudiantes de ingeniería, lo que ha sido largamente constatado en los parciales y tareas de los cursos de ElIA, ModEx, IEGA y, aunque pueda parecer sorprendente, aun en los documentos elaborados en EvIA. Los problemas de comprensión lectora y el desconocimiento del significado de vocablos de uso corriente son otros problemas de expresión que se manifiestan en forma recurrente.

El acompañamiento que se realizaba en las monografías de ElIA permitía que los estudiantes recibieran un apoyo periódico para analizar y mejorar su forma de expresarse por escrito. Adicionalmente, debían defender en

forma oral esos trabajos en la evaluación final, por lo que también había una preparación —quizás menos formal— para ese momento (González, 2003). Al perderse esta instancia, los problemas de expresión que se encontraban entonces aparecen ahora en etapas más avanzadas de la formación; atenderlos es ineludible.

Para fortalecer la expresión oral se realizan dinámicas que van desde la comunicación entre pares hasta juegos de roles, incluyendo redactar diferentes tipos de textos (coloquiales, de prensa, de difusión, técnicos, etc.), debates y presentaciones.

Para que estas actividades sean realmente efectivas, están antecedidas de una instancia de fundamentación, presentación de reglas y recursos mnemotécnicos que contribuyan a internalizar y recordar la información. A lo largo del curso, en los cuestionarios de metacognición, los estudiantes suelen ser conscientes de sus avances y de los desafíos que aún tienen que superar.

2.4. Metacognición

En varios de los cursos mencionados se trabaja sobre metacognición. El equipo docente considera que es tan importante transmitir conocimientos disciplinarios y lograr que el estudiante los incorpore realmente como contribuir a que el estudiante sea consciente de su propio proceso de aprendizaje.

Desde la escuela del Aprendizaje Plenamente Consciente, Langer (1997) afirma que si algo se aprende en forma plenamente consciente, la información y el conocimiento estarán disponibles sin que haya que preocuparse por recordarlos, por lo que se busca que los estudiantes incorporen la reflexión autocrítica y metacognitiva en forma plenamente consciente y haga parte de su metodología usual de aprendizaje y de trabajo.

Las primeras experiencias de metacognición aplicadas en estos cursos datan de hace casi veinticinco años, en el marco de las monografías obligatorias que entonces se realizaban en el curso de ELIA. Las monografías se desarrollaban en grupos de cuatro o cinco estudiantes, con los que se llevaban a cabo reuniones mensuales de seguimiento. Con dos semanas de separación de las reuniones, se proporcionaba a cada grupo una ficha para completar, donde se consultaba —a partir de planteos sencillos y explícitos— sobre sus avances en el trabajo, el ritmo de trabajo personal y del grupo, la manera de trabajar del grupo, el nivel de compromiso y de satisfacción personal con el trabajo. De este modo, se lograba un mejor análisis crítico de su monografía y de la producción personal (González, 2003; González y Ramírez, 2022).

El conocimiento metacognitivo abarca el conocimiento de los propios recursos cognitivos, de las demandas que implica la tarea por resolver y de las estrategias que pueden ser usadas para ello. Aunque no es usual proporcionar formación en habilidades metacognitivas, Mateos (2001) afirma que quienes reciben instrucción explícita al respecto regulan mejor el aprendizaje. De ahí el interés de las autoras por ofrecer este tipo de herramientas a los estudiantes.

El control metacognitivo constituye el componente procedimental e incluye procesos de planificación de las estrategias adecuadas para resolver una tarea, de supervisión y regulación del uso de esas estrategias y de su efectividad, así como del progreso hacia la meta establecida y de evaluación de los resultados obtenidos (Mateos, 2001).

En la actualidad se realizan cuestionarios de metacognición tanto en el ModEx como en IEGA. Se busca que los estudiantes sean conscientes de sus procesos y más autónomos en sus aprendizajes, en un contexto motiva-

cional que contribuya a valorar estas reflexiones como un insumo útil tanto en la vida estudiantil como en la futura vida profesional (González y Míguez, 2002). Las retroalimentaciones estudiantiles son positivas en este sentido: valoran el capital que se les proporciona al cultivar su capacidad de analizar sus procesos metacognitivos. Por lo general, también visualizan la aplicabilidad a futuro de estos recursos, cuando hayan egresado y tengan que seguir estudiando sin acompañamiento de un docente.

2.5. Pensamiento crítico

Desarrollar el pensamiento crítico debería ser una preocupación central de la enseñanza de cualquier nivel, ya que es un proceso reflexivo que permite organizar, ajustar, cambiar o modificar el pensamiento para poder actuar de forma apropiada (Vendrell i Morancho y Rodríguez Mantilla, 2020). Es posible encontrar múltiples definiciones de pensamiento crítico en la literatura, entre ellas, la de Vendrell i Morancho y Rodríguez Mantilla (2020) establece que

[...] el Pensamiento Crítico es un proceso metacognitivo activo que a través de la estimulación y coalición de ciertas habilidades, disposiciones y conocimientos nos ayuda a elaborar un juicio premeditado e introspectivo que nos dirige hacia la acción o resolución del problema de manera eficaz y eficiente. (p. 13)

En consecuencia, el pensamiento crítico no es una habilidad innata, sino aprendida y como tal debe enseñarse (y evaluarse). Es muy frecuente encontrar alusiones a la importancia de la formación de pensamiento crítico en documentos de universidades, sobre todo occidentales, pero en muy pocos casos se

explicita cómo se trabajará para desarrollarlo y evaluar el éxito obtenido (Vendrell i Morancho y Rodríguez Mantilla, 2020).

En línea con la importancia de contribuir al desarrollo de pensamiento crítico, en el ModEx se trabaja con estrategias como el ABP y el pensamiento de diseño o design thinking. El ABP se considera una estrategia centrada en el estudiante, que promueve el pensamiento crítico, la construcción del conocimiento, la toma de decisiones y el trabajo en equipo (Mendoza Sifuentes, Vega Vilca, Silva Navarrete y Boy Barreto, 2024). El design thinking es “un enfoque de co-creación para la resolución de problemas, que es dinámico y exploratorio, y que conduce de forma sistemática a la innovación, integrando ciencia, tecnología y humanidades” (Servicio de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid, 2020).

2.5.1. Design thinking

En las ediciones más recientes del ModEx se ha aplicado la metodología basada en el proceso de design thinking o pensamiento de diseño. Es una metodología que se suele aplicar en el proceso de diseño de bienes o servicios y consta de cinco pasos: empatizar con el problema por resolver, definir los lineamientos de la solución, idear la solución, prototiparla, ensayarla o testearla para su validación (IDEO, 2012). Los problemas que se abordaron en cada caso fueron muy diferentes: el desarrollo de materiales acústicos de bajo costo para mejorar las condiciones de un espacio multi-propósito de la Facultad de Ingeniería (el Piso Verde) que los estudiantes utilizan para estudiar (González, Ramírez y Gianoli, 2021) y la mejora de las condiciones acústicas en las actuaciones en espacios abiertos de la Banda Sinfónica Municipal.

En el primer caso, el dictado del curso era híbrido, mayoritariamente en for-

ma remota pero síncrona, con algunas instancias presenciales autorizadas de manera excepcional, por encontrarnos en situación de riesgo sanitario por pandemia. En las primeras etapas los estudiantes identificaron y discutieron las principales oportunidades de mejora en el Piso Verde en cuanto espacio de estudio, un área que en general todos los estudiantes conocen bien. A partir de ese conocimiento como usuarios, se analizaron de forma sistemática diferentes características hasta centrarse en el problema de la acústica del lugar. Los estudiantes investigaron sobre el comportamiento de diferentes materiales en el acondicionamiento acústico de un local para llegar a su propuesta de intervención y lograron, en algunos casos, dibujarla a nivel de detalle, en otros, construir una pequeña maqueta de la propuesta. Esta consistía, esencialmente, en modificar los paneles divisorios actuales, móviles y con una gran área reflectante (empleada como pizarrón durante el estudio), agregando un deflector superior con material absorbente e incrementando la absorción de la parte no reflectante del panel. Para incrementar la absorción sin caer en soluciones onerosas, los estudiantes diseñaron su propio material acústico absorbente a partir de residuos de papel de oficina, lo fabricaron y lo ensayaron, siempre como parte del curso. En el caso del proyecto con la Banda Sinfónica Municipal, en el que había un menor conocimiento de la problemática, los estudiantes se entrevistaron con su director y con varios sonidistas con experiencia en ampliación de espectáculos al aire libre. Indagaron sobre el comportamiento acústico de diferentes materiales y también sobre la incidencia de la forma de un recinto sobre su calidad acústica. Con esta base, cada grupo propuso cómo debería abordarse la solución al problema. En ambos casos, la fase de comprensión del problema y generación de las

posibles soluciones aportó conocimientos disciplinarios, pero también diálogo inter y transdisciplinario, discusión en grupo, aplicación de conocimientos, análisis de fortalezas y debilidades de una propuesta desde diferentes puntos de vista y su mejora a partir del análisis y la discusión grupal.

El pensamiento de diseño permite aproximarse por iteración a la mejor solución para un problema. Es posible obtener una solución razonable en forma más o menos ágil, pero para obtener una buena solución puede ser necesario asignar más tiempo, iterar, revisar, reformular, volver a prototipar, repetir los ensayos..., es decir, tener paciencia y no pretender resultados inmediatos. En la actual demanda de inmediatez de la mayoría de los jóvenes, en que todo tiene que ser “para ya” o mejor aún “para ayer”, un ejercicio semestral de este estilo suele requerir una dosis de paciencia que siempre es bueno poner en práctica.

2.5.2. Taller de los seis sombreros

Esta dinámica se ha aplicado con éxito en las ediciones más recientes del ModEx. Antes de la etapa de ideación, en el proceso de pensamiento de diseño, esta dinámica (De Bono, 1988) ha resultado efectiva para obtener un buen panorama de las fortalezas y debilidades, las oportunidades y las amenazas de diferentes opciones o pasos intermedios hacia una propuesta de solución.

Lo que se busca con esta dinámica es asignar un sombrero de un cierto color (blanco, negro, azul, verde, rojo, amarillo) a cada participante, alegando que el color del sombrero implica ver la posible solución desde diferentes ópticas, siempre con fundamentos. A lo largo del taller, cada estudiante debe llegar a usar todos los sombreros, es decir, a plantear sus puntos de vista desde cada una de las perspectivas solicitadas (ver lo positivo, lo negativo, lo cuantificable, etc.).

Esta técnica prepara al estudiante para el análisis de alternativas, una instancia que en general forma parte de casi cualquier proyecto de ingeniería. En un análisis de alternativas, es usual que cuando una opción presenta ciertas ventajas desde algunos puntos de vista, también presente falencias o debilidades desde otros. En consecuencia, es necesario jerarquizar los criterios de valoración y tratar los problemas como “problemas de extremos ligados”, en los que se debe buscar el óptimo para el conjunto de criterios y no para uno solo de ellos. Esta dinámica contribuye a aplicar diferentes criterios de valoración y a entrenar la búsqueda de la mejor solución cuando se está condicionado a cumplir de forma simultánea con diferentes premisas, no necesariamente compatibles.

La primera aplicación de esta dinámica fue en forma remota, pues se realizó durante la pandemia, pero en la segunda tuvo un aspecto mucho más lúdico, al contar con sombreros de papel para identificar en cada momento el rol de cada participante. Todo lo que conduce al juego genera una situación de aprendizaje más motivante y seguramente más consciente, por lo que la huella que pueda dejar será, esperablemente, más intensa y menos perecedera.

Dado que no es demasiado usual plantear juegos en los cursos de la Facultad de Ingeniería, la experiencia de “jugar para aprender” en diferentes instancias del ModEx también despertó curiosidad en los estudiantes.

2.6. Fortalecimiento de la autoestima y contención emocional

Es fundamental que en las instituciones de educación superior se propicien espacios de contención emocional en las distintas actividades curriculares. Esto implica mantener un equilibrio entre aprendizaje y autocuidado en la programación académica, decisiones

pedagógicas, prácticas de enseñanza y en procesos evaluativos (Lizana, 2020). De hecho, un aspecto que preocupa y mucho es la “deshumanización” de las relaciones personales que viven muchos estudiantes en los primeros años de la carrera de Ingeniería. Por lo general durante los primeros años de las carreras y en los periodos próximos a los exámenes, la universidad puede ser o sentirse como un entorno académico en el cual abundan las situaciones estresantes. En este contexto, el estudiante puede experimentar una falta de control sobre el ambiente y otros factores potencialmente generadores de estrés (Monzón, 2007).

En un contexto de masificación, cuando los jóvenes vienen de un sistema mucho más flexible y de menor exigencia como es el bachillerato —aunque reciben la información y el consejo de que deben organizarse desde el inicio de cada semestre para dedicar a cada curso un número de horas semanales igual a su número de créditos—, no son pocos los que encuentran dificultades para aprovechar esas horas. Muchos vienen con escasos hábitos de estudio o no han desarrollado antes estrategias de aprendizaje que les sean realmente útiles a la hora de abordar los cursos de los primeros semestres. Así, muchos estudiantes quedan “tranquilizados” por algún curso básico que les impide avanzar en la carrera (Unidad de Enseñanza de la Facultad de Ingeniería, 2017; Unidad de Enseñanza de la Facultad de Ingeniería, 2018; Pratto Burgos et al., 2021). Muchos de ellos, que habían sido estudiantes buenos o muy buenos en secundaria, se sienten frustrados y comienzan a dudar de sus propias capacidades para continuar estudiando en esta facultad, como lo transmiten con frecuencia: “esto no es para mí”, “a mí en el liceo me iba bien y acá no puedo salvar nada”.

Varias veces algunos de los cursos a los que se refiere este trabajo, en especial el ModEx, han “salvado” a estudian-

tes de abandonar sus estudios, como ellos mismos lo enuncian en diferentes instancias, generalmente en tareas de reflexión metacognitiva (González y Rezzano, 2007). También la forma de interacción en el aula de ELIA, que implica que la profesora aprende los nombres de pila de los estudiantes que asisten a clase, permite que se sientan más contenidos, más apoyados (González y Rezzano, 2007; González, 2005).

ELIA es un curso que suele tomarse en el cuarto o sexto semestre, cuando por lo general los jóvenes vienen de cursar o están cursando sobre todo asignaturas de la familia de las físicas y matemáticas, con frecuencia en contexto de masividad. Muchos estudiantes han logrado superar varios de esos cursos, en tanto otros están dando pelea para aprobarlos. Aun cuando han tenido un desempeño razonable, muchas veces el inicio de la carrera ha tenido un costo elevado en autoestima, pues los resultados y las calificaciones suelen ser menos benévolos que en secundaria. A esto se suele sumar que el joven no se siente tratado como individuo, sino como “uno más” en una masa humana que entra y sale de clase o espera en los pasillos. Después de la pandemia, muchos estudiantes prefieren estudiar por su cuenta y eso los aparta aún más de la interacción con sus iguales, lo que genera mayor soledad. La tecnología los puede hacer sentir conectados, pero no necesariamente eso recupera la vivencia de sentirse “alguien”, como lo expresan en sus reflexiones metacognitivas.

A esa altura de la carrera son pocas las instancias en que los estudiantes son invitados a participar en clase y es común que no lo hagan; a veces no se sienten seguros, piensan que todos los demás entendieron menos él o ella y perciben una retroalimentación negativa, una crítica implícita por preguntar cosas que pueden

parecer obvias a otros o por realizar un planteo que pueda contener algún error.

Cuando la propuesta es de una clase participativa, fomentando la interacción docente-estudiantes y estudiante-estudiante en el aula, el estudiante, al principio, se siente sorprendido, pero quienes optan por seguir el curso de forma presencial lo hacen con entusiasmo, demuestran interés y se suman proactivamente a la propuesta didáctica (González, 2005).

Las bases teóricas que están detrás de esta propuesta didáctica son varias. Cabe mencionar, en primer lugar, la puesta en valor y desarrollo de inteligencias múltiples, en particular las inteligencias lingüística e interpersonal. No menos importante es la enseñanza para la comprensión, especialmente en lo que hace a la exploración de las ideas previas para situar el nivel de partida de los estudiantes en cada tema. Se aplica también el cambio conceptual y el aprendizaje significativo de Vigotsky (Corral Ruso, 2001), al procurar que sean los propios estudiantes quienes diriman y deduzcan en el aula los conceptos que se están trabajando, como forma de que oficien de “expertos” para ayudar a ampliar la zona de desarrollo próximo (ZDP) de sus iguales. Una estrategia que ha resultado de gran efectividad es utilizar el error como estrategia de aprendizaje (De la Torre y Barrios, 2000), lo que fomenta el inalienable derecho a equivocarnos de buena fe, tendiendo a construir una “didáctica del error” que intente comprender y no castigar las equivocaciones. Sobre este abanico de fundamentos, y como un basamento de importancia central en la propuesta, hay que mencionar el rol del aprendizaje plenamente consciente (Langer, 1997). Este enfoque busca introducir la reflexión acerca del abordaje de los temas para poder capitalizar más la experiencia de aprendizaje y aplicar sus resultados en otras situaciones a futuro.

Esta forma de trabajo exige más al docente e incrementa los riesgos en cuanto al uso del tiempo o el tipo de argumentos y preguntas que pueden surgir, pero en contrapartida se logra establecer una buena comunicación con los estudiantes, quienes valoran el hecho de ser llamados por su nombre, de ser escuchados y de tener la posibilidad de construir los conceptos del curso edificando sobre sus ideas previas y, eventualmente, deconstruir conceptos o ideas previas erróneas, si las hubiera (González, 2005).

A partir del diálogo que se genera en el aula a lo largo del desarrollo del curso, los estudiantes suelen sentirse más libres de hacer preguntas al docente en encuentros ocasionales, acercarse fuera de horario o solicitar una reunión virtual para pedir información u orientación sobre algún tema. De alguna forma, con esta modalidad de relacionamiento, los estudiantes recuperan “algo” que, según González (2005), es bastante básico, especialmente en la juventud: “Si la comunicación verbal es uno de los atributos más distintivos del género humano, lo que han recuperado es, en cierta forma, un espacio de crecimiento personal” (p. 5). Porque se entiende que desarrollar el ámbito intra e interpersonal no será nunca una pérdida de tiempo o una idea desafortunada, como De Tezanos (s. f.) analiza a continuación:

[...] cómo enseñar puede ser el oficio más interesante y entretenido del mundo. Y quizás el más importante es el de cambiar ideas y prejuicios que hemos construido sobre la escuela, nosotros mismos y el aprender. Y sobre todo esta nefasta idea de perder el tiempo, como si el

tiempo se pudiera perder o hubiera que pagar por el tiempo que perdemos. (p. 2)

3. Conclusiones

A continuación, se remarcán las principales conclusiones de esta comunicación:

Integración de la teoría con la práctica: Las experiencias presentadas demuestran que la incorporación de proyectos de extensión, actividades transdisciplinarias y talleres prácticos en los cursos de Ingeniería Ambiental facilitan la conexión entre teoría y realidad. Los estudiantes se enfrentan a problemas socioambientales reales, aplican conceptos de diversas disciplinas y aportan soluciones creativas. Este enfoque estimula el aprendizaje significativo y promueve la motivación intrínseca.

Desarrollo de habilidades transversales: A través de juegos de roles, debates, presentaciones y ejercicios de redacción, los estudiantes fortalecen competencias comunicativas y argumentativas. La obligatoriedad de escribir informes técnicos y la retroalimentación constante mejoran la coherencia, la ortografía y la claridad de los textos, mientras que las dinámicas orales fomentan la autoconfianza y la capacidad de expresar ideas complejas ante diferentes audiencias.

Fomento del pensamiento crítico y creativo: La incorporación de metodologías como el ABP, el design thinking y la técnica de los seis sombreros permite a los estudiantes abordar problemas desde múltiples perspectivas, generar alternativas innovadoras y justificar decisiones. Las iteraciones sucesivas,

la valoración de prototipos y la evaluación grupal favorecen la autocrítica y la resiliencia ante la mejora continua.

Promoción de la metacognición y la autoevaluación: Los cuestionarios de reflexión aplicados al finalizar las actividades (especialmente en el ModEx e IEGA) ayudan a los estudiantes a tomar conciencia de sus propias estrategias de aprendizaje, a identificar avances y dificultades y a planificar mejoras. Esta autoevaluación sistemática contribuye a consolidar el conocimiento y a desarrollar habilidades metacognitivas claves para el desempeño profesional.

Cuidado de la dimensión emocional y la autoestima: El artículo subraya que el acompañamiento personalizado, el aprendizaje colaborativo y el reconocimiento de logros individuales fortalecen la autoestima estudiantil y generan un ambiente seguro para el error y la experimentación. La motivación académica crece cuando los docentes conocen a sus estudiantes por su nombre, escuchan sus inquietudes y valorizan sus aportes.

Necesidad de formación docente continua: Para sostener las prácticas innovadoras descritas, los autores reconocen la importancia de la capacitación docente en pedagogía activa, trabajo colaborativo, escritura académica, manejo del error y de la frustración, metacognición y didáctica de la transversalidad. Sugieren que los programas de formación docente incluyan estas competencias y que se promueva una cultura institucional que apoye la reflexión y la actualización permanente.

Referencias bibliográficas

- Bellido Castaños, M. E. (2024). *Manual: Motivación para el aprendizaje*. UNAM, FES Zaragoza.
- Carvajal Escobar, Y. (2010). Interdisciplinariedad: desafío para la educación superior y la investigación. *Revista Luna Azul*, 31, 156-169.
- Corral Ruso, R. (2001). El concepto de zona de desarrollo próximo: una interpretación. *Revista Cubana de Psicología*, 18(1), 72-76.
- De Bono, E. (1988). *Seis sombreros para pensar*. Buenos Aires: Granica.
- De la Torre, S., y Barrios, O. (2000). *Estrategias didácticas innovadoras: recursos para la formación y el cambio*. Barcelona: Octaedro.
- De Tezanos, A. (s. f.). *La escuela en los tiempos de la pandemia*. Recuperado de https://www.academia.edu/42714371/La_escuela_en_los_tiempos_de_la_pandemia
- González, A. E. (2003). Formación Ambiental Básica en Ingeniería Civil (Plan 97). En *IV Congreso Nacional de AIDIS Uruguay*, Punta del Este.
- González, A. E. (2005). Enseñanza de la Ingeniería Ambiental: por qué fomentar la interacción en el aula. En *VI Congreso Nacional de AIDIS Uruguay*, Montevideo.
- González, A. E., y Míguez, M. (2002). Buscando el aprendizaje consciente de los estudiantes: seguimiento de un trabajo monográfico propio. En *II Foro Enseñanza y Aprendizaje Universitario en Contexto de Masividad*, Universidad de la República, Montevideo.
- González, A. E., y Ramírez L. C. (2022). Motivating and metacognition for engineering students. *Sociology International Journal*, 6(6), 329-334. Recuperado de <https://medcraveonline.com/SIJ/SIJ-06-00308.pdf>
- González, A. E., Ramírez, L. C., y Gianoli, P. (2021). Motivating engineering students on using Circular Economy for the development of low-cost acoustic materials. En *International Conference on Construction, Energy, Environment and Sustainability CEES 2021*, Coimbra.
- González, A. E., y Rezzano, M. (2007). En busca de la autoestima perdida: Módulo Taller de Ingeniería Ambiental. En *XXI Congreso Chileno de Educación en Ingeniería*, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- González, A. E., Rezzano Tizze, N., Ramírez, C., y Gianoli Kovar, P. (2019). Extensión y enseñanza en el Departamento de Ingeniería Ambiental del IMFIA. En *Reflexiones: 10 años de extensión en Facultad de Ingeniería* (pp. 29-33). Montevideo: Universidad de la República, Facultad de Ingeniería, Unidad de Extensión.
- González, A. E., Rezzano Tizze, N., Ramírez, L. C., López, J., y Gianoli, P. (2016). Enseñando a trabajar interdisciplinariamente. En *I Congreso Latinoamericano de Investigación y Educación Superior Interdisciplinaria*. Espacio Interdisciplinario, Universidad de la República, Montevideo.
- Henríquez Aravena, A., Billi, M., Faúndez, V., Labraña, J., Neira, I., y Urquiza, A. (2021). Universidad transdisciplinaria en el marco de la sociedad del conocimiento. Tensiones discursivas en la Universidad de Chile. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 58(1), 1-19.
- IDEO. (2012). *Design Thinking para educadores*. Recuperado de https://www.educarchile.cl/sites/default/files/2019-10/Design_Thinking_para_Educadores.pdf
- Langer, E. J. (1997). *The power of mindful learning*. Philadelphia: Lifelong Books Da Capo Press.
- Lizana, V. (2020). Educación emocional mediante microtalleres durante clases virtuales en educación superior. En S. Brito, L. Basualto, R. Ázocar, V. Gálvez y C. Flores (Eds.), *Intervención social y educativa en tiempos de pandemia* (pp. 17-34). Santiago de Chile: Universidad Autónoma de Chile, Aún Creemos en los Sueños.
- Mateos, M. (2001). *Metacognición y educación*. Buenos Aires: Aique.
- Mendoza Sifuentes, J., Vega Vilca, C. S., Silva Navarrete, B., y Boy Barreto, A. M. (2024). El aprendizaje basado en problemas: una perspectiva desde el contexto educativo. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencia de la Educación*, 8(35), 2400-2416.
- Monzón, I. M. (2007). Estrés académico en estudiantes universitarios. *Apuntes de Psicología*, 25(1), 87-99.
- Polo-Acosta, C., Carrillo-Estrada, M., Rodríguez-Barrio, M., Gutiérrez-Meriño, O., Pertuz-Guette, C., Guette-Granados, R., Polo-Palacin, A., Padilla-Muñoz, R., Campo, R., Estrada, M., Vergara, R., y Osorio, A. (2018). Juego de roles: estrategia pedagógica para el fortalecimiento de la convivencia. *Cultura. Educación y Sociedad* 9(3), 869-876. Recuperado de <https://repositorio.cuc.edu.co/server/api/core/bitstreams/4994dadf-355b-4596-924d-f8ca07e95d9e/content>
- Pratto Burgos, M., Alessandrini, D., Fernández, F., y Otegui, X. (2021, diciembre). Seguimiento de estudiantes activos en Facultad de Ingeniería a partir de la distribución por franjas de créditos. En *V Seminario Internacional de intercambio de experiencias e investigaciones sobre egreso universitario: políticas educativas, seguimiento de graduados y articulaciones con el mundo del trabajo, IV Seminario Internacional sobre trayectorias en la educación superior, Libro de conferencias y resúmenes*, Universidad de la República, Montevideo.
- Servicio de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid. (2020). *Guía de Design Thinking*. Madrid: UPM. Recuperado de <https://innovacioneducativa.upm.es/sites/default/files/guias/Guia-DesignThinKing.pdf>
- Unidad de Enseñanza de la Facultad de Ingeniería. (2017). *Avance Estudiantil - año 2017*. Montevideo: Universidad de la República.

Unidad de Enseñanza de la Facultad de Ingeniería. (2018). *Informe avance estudiantil 1997-2018*. Montevideo: Universidad de la República.

Universidad Andrés Bello. (s. f.). *¿Qué significa multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario?* Recuperado de <https://vinculacion.unab.cl/wiki/que-significa-multidisciplinario-interdisciplinario-y-transdisciplinario/>

Vendrell i Morancho, M., y Rodríguez Mantilla, J. M. (2020). Pensamiento crítico: conceptualización y relevancia en el seno de la educación superior. *Revista de la Educación Superior*, 49(194), 9-25. Recuperado de <https://doi.org/10.36857/resu.2020.194.1121>

Contribución de autoría

Las autoras han participado por igual en la elaboración del artículo.

Disponibilidad de datos

El conjunto de datos que apoya los resultados de este estudio no se encuentra disponible.