

# La integración del aprendizaje académico en un itinerario metacognitivo ascendente curricular

## The integration of academic learning into a curricular bottom-up metacognitive pathway

Carlos Paredes<sup>1</sup>, Ricardo Castedo<sup>1</sup>, Rogelio de la Vega<sup>1</sup>, José Eugenio Ortiz<sup>1</sup>, Celia Sanchiz<sup>1</sup>  
carlos.paredes@upm.es, ricardo.castedo@upm.es, rogelio.delavega@upm.es, joseeugenio.ortiz@upm.es,  
celia.sanchizflo@alumnos.upm.es

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Geológica y Minera  
ETS de Ingenieros de Minas y Energía, Universidad Politécnica de Madrid  
Madrid, España

**Resumen-** La integración del método científico en la maduración cognitiva del estudiante a través de proyectos colaborativos es un método pedagógico de demostrada eficacia en el panorama formativo universitario. Sin embargo, son pocas las iniciativas que lo han realizado a través de asignaturas concatenadas, planteando iniciarlo desde el ingreso universitario hasta el máster. Proyecto COGNOSCI\_ON propone y trabaja esta integración, suscitando otras maneras de comprender y analizar críticamente los conocimientos que son nuevos y difíciles de entender, para ser utilizados en retos futuros. De esta manera, se incentiva la retención de información y el refuerzo de conocimientos adquiridos previamente para introducirlos en los nuevos de una manera procedimental en un itinerario metacognitivo ascendente curricular. En este escenario, tanto el estudiante como el profesor actúan con distintos roles de intervención variable. El primero se forma de, sobre y a través de la investigación, mientras que los profesores los acompañan y ofrecen un andamiaje motivante. El estudiante logra controlar el proceso de aprendizaje para asentar un conocimiento más consciente y eficaz, mostrándose como un proceso metodológico integral muy efectivo durante el periodo excepcional de confinamiento. Los resultados preliminares fueron satisfactorios en las evaluaciones y en el impacto de éstos sobre los retos-ODS.

**Palabras clave:** método científico, conocimiento, madurez cognitiva, investigación, aprendizaje basado en investigación (ABI).

**Abstract-** The integration of the scientific method in the cognitive maturation of the student through real collaborative projects is a pedagogical method of proven effectiveness in the university formative panorama. However, there are few initiatives that have implemented it through concatenated disciplines, starting from university entrance to the master's degree. The COGNOSCI-ON project proposes and works on this integration, raising other ways of understanding and critically analysing knowledge that is new and difficult to understand, to be used in future challenges. In this way, the retention of information and the reinforcement of previously acquired knowledge is encouraged in order to introduce it into new knowledge in a procedural way in a curricular upward metacognitive itinerary. In this scenario, both the student and the teacher act in different roles of variable intervention. The former learns from, about and through research, while the teachers accompany them and provide motivating stimulation. The student is able to control the learning process in order to establish a more conscious and effective knowledge, which is shown to be a very effective integral methodological process during the exceptional period of confinement. Preliminary results have been

satisfactory in the evaluations and in the impact of these on the ODS-challenges.

**Keywords:** scientific method, know-how, knowledge, cognitive maturity, enquiry, research based learning (RBL).

### 1. INTRODUCCIÓN

El escenario sociocultural y económico de esta primera parte del siglo XXI es totalmente cambiante. Este implica una exigente capacidad de adaptación del egresado que se enfrenta al escenario laboral, demostrando no solo sus competencias técnicas y administrativas o *hard skills*, sino también sus *soft skills* o aptitudes de comunicación compleja, social, no verbal, de resolución de problemas, autogestión, autodesarrollo, y uso de las inteligencias social, emocional y de pensamiento sistémico (UNESCO-ICSU, 1999). Así pues, para superar el desafío de este siglo, resulta necesario incorporar otras habilidades educativas en el ámbito formativo universitario, que ayuden a alcanzar reforzar o perfeccionar la buena comunicación, la responsabilidad social, el pensamiento crítico, la alfabetización digital, la ética inclusiva del trabajo, la colaboración, así como destrezas en TICs (Smydra, 2020).

Una vez que el estudiante ha culminado sus estudios universitarios, teóricamente, se encuentra capacitado para hacer uso de sus atribuciones profesionales con unas competencias que vienen establecidas en el marco pedagógico actual y son básicas, recogidas en el RD 861/2010, específicas, correspondientes a las órdenes ministeriales, y, por último, transversales que las acogen los planes de estudio de cada titulación. Para los empleadores, la preparación profesional juega un papel importante en la búsqueda de talento, proporcionando un medio para identificar habilidades y competencias clave en todas las funciones laborales. Por ello, además del nivel de aprendizaje cognitivo, cada asignatura debe integrar un conjunto de competencias que depende del área de conocimiento además del ciclo en el que se encuentre. Sin embargo, en respuesta al escenario de cambio permanente, muchas universidades están cambiando su cultura para adoptar competencias profesionales y sociales (EELISA, 2021), para mejorar la eficacia de los estudiantes con respecto a la

preparación académica orientada a la profesión afrontando los retos de un mundo cambiante. Por ello, la actividad intrasignatura resulta ser realmente insuficiente, limitante al cercenar su progreso. Para lograrlo, se deben crear espacios transversales adecuados de aprendizaje, comunicación, participación y desempeño, en los que la interacción entre asignatura y competencia sea positiva, provocando el progreso formativo del estudiante. Existe una clara problemática en su integración con éxito, con el uso correcto de los recursos, que debe socorrerse con la imbricación entre asignaturas y la cooperación comprometida de profesores-estudiantes.

Utilizar un itinerario formativo integrado y motivado a través de la pasión por la investigación (Brew, 2001, 2006), el descubrimiento autónomo y el impacto que logren, donde los actores participantes: estudiantes y profesores, tienen un papel protagonista específico, según el momento formativo, les permite cooperar para monitorizar el alcance de competencias y resultados de aprendizaje. La estrategia aplicada, su evaluación y planificación para su aplicación futura en nuevos problemas particulares o compartidos entre las diferentes asignaturas, puede convertirse en una actividad colaborativa y orientada a la conciencia, la exposición y la praxis como un aprendizaje autorreflexivo y autodirigido, en definitiva, la creación de una conciencia metacognitiva (Devika, 2020)

La propuesta de una combinación de la investigación, la enseñanza y el aprendizaje, así como conceptualizar estas actividades integradas en el contexto de la enseñanza-aprendizaje (SoTL), surge en los 90 (Boyer, 1990). Se implanta en las universidades desde los alumnos de primer a último curso (Boyer, 1998). Hoy, después de más 30 de años, muchas universidades han incorporado la investigación en sus planes de formación a través de prácticas educativas específicas, curriculares, como seminarios, *ePortfolios*, formación de comunidades inclusivas multiculturales de aprendizaje y servicio, entre otras, reconociendo su fuerte impacto educacional (Kuh, 2008), mejorando los resultados del aprendizaje de los estudiantes (Seymour et al., 2010, Spronken-Smith et al., 2012) en universidades (como Leeds-UK, UCa-USA, Griffith-Au, etc.) de todos los rincones del globo (Susiani et al., 2018, Noguez y Neri, 2019, Singh et al., 2019, por ejemplo). Sin embargo, muchas de estas actividades se desarrollan particularmente sobre una única asignatura o bloque temático. Por ello, el planteamiento que hacemos en este trabajo resulta novedoso, interesante y atractivo para el estudiante por el refuerzo transversal y multidisciplinar de la formación, provocando una conciencia integral del plan de estudios en los estudiantes (Nigris et al., 2019) desde una posición activa.

Para capacitar a los estudiantes a mejorar sus aptitudes y habilidades para las competencias socio-profesionales, el profesor necesita de un método de enseñanza que les permita responder a una situación y que cada asignatura no se aprecie como conjunto de conocimientos aislados en un plan de estudios, sino como algo integrado en una red de conocimientos, experiencias e interacciones humanas, no solamente entre estudiantes sino también entre los profesores que, comprometidos en la actividad formativa, constituyan una cohorte multi- e intra- disciplinar. Este trabajo presenta una estrategia transversal, secuencial, inter-, y trans-disciplinar, para preparar mejor a los estudiantes en ingeniería en Ciencias de la Tierra (aunque es igualmente aplicable a otras titulaciones en ingeniería) en las nuevas y emergentes demandas científico-técnicas y sociales del mercado laboral en el siglo XXI.

## 2. CONTEXTO

El ingreso de los nuevos estudiantes en cualquier titulación de grado está caracterizado por tener una predisposición, base académica y actitudes totalmente dispar, mientras que el estudiantado de Máster es en su mayoría gente con experiencia universitaria o laboral, con deseos de mejorar sus habilidades para prosperar profesionalmente. Ante este doble perfil, la metodología desarrollada debe ser suficientemente flexible y amplia como para incentivar la atención y la retención de información, fortalecer los conocimientos adquiridos previamente e incorporarlos a unos nuevos para su coherencia y consistencia, aumentar la madurez cognitiva, tanto para estudiantes de grado como para egresados. En el ámbito del Máster aplicar esta metodología sirve para mejorar sus capacidades y aplicarlas, además de transmitir su experiencia laboral o investigación, es decir, un doble sentido aprovechable.

Es importante tener en cuenta que el nexo enseñanza-investigación puede tomar varias formas y que los estudiantes pueden aprender de, sobre y a través de la investigación (Hodson, 1992). El conocimiento queda establecido de manera más efectiva cuando la metodología es participativa, donde el estudiante es más que un espectador recibiendo instrucciones y formación (Adam, 1987; Machemer y Crawford, 2007).

La metodología que desarrollamos a través del proyecto COGNOSCI-ON se basa en la integración de método científico a través de proyectos reales de investigación que comparten cadenas de asignaturas a lo largo del plan de estudios de grado y/o máster. Cada asignatura, que a su vez se encuentra concatenada en actividades y conocimientos con otras, aporta formación y contenidos de tal manera que el estudiante llegue a una solución que resuelva la problemática planteada.

Del total de asignaturas impartidas en la ETSI de Minas y Energía, se han seleccionado un total de 11, repartidas entre el primer y segundo ciclo del grado y máster, que se encuentran relacionadas con las Ciencias de la Tierra y que forman las distintas cadenas de asignaturas (Figura 1). Al ser un proyecto que tiene como principal base la integración del método científico y de mejorar la madurez cognitiva del estudiantado, la evaluación se aplicará a distintos niveles de percepción y de resultados académicos a través de una rúbrica, cuya versión genérica para las cadenas, se presenta en este trabajo.

## 3. DESCRIPCIÓN

La metodología desarrollada, es llevada a cabo por los distintos profesores que imparten las asignaturas y que forman parte del proyecto. La investigación es el fundamento del aprendizaje y base de esta metodología, denominada también Aprendizaje Basado en la Investigación o ABI (*RBL* o *Research-Based-Learning*). Ésta es un modelo de aprendizaje, basado en el método científico, que permita, tanto a profesores como estudiantes, la asimilación y aplicación de conocimientos previos y nuevos y está asociada actividades tales como observación, análisis, síntesis y evaluación (Aditomo, et al., 2013; Kinkead, 2003). La metodología de ABI proporciona al estudiante las capacidades de interpretación y análisis, básicas para evolucionar en el pensamiento crítico, mientras que en la habilidad de ser autónomo en la gestión del aprendizaje pasa por una serie de etapas que son acompañadas por el profesor puesto que requieren de su apoyo y andamiaje (Figura 1) facilitador, motivante y organizador.

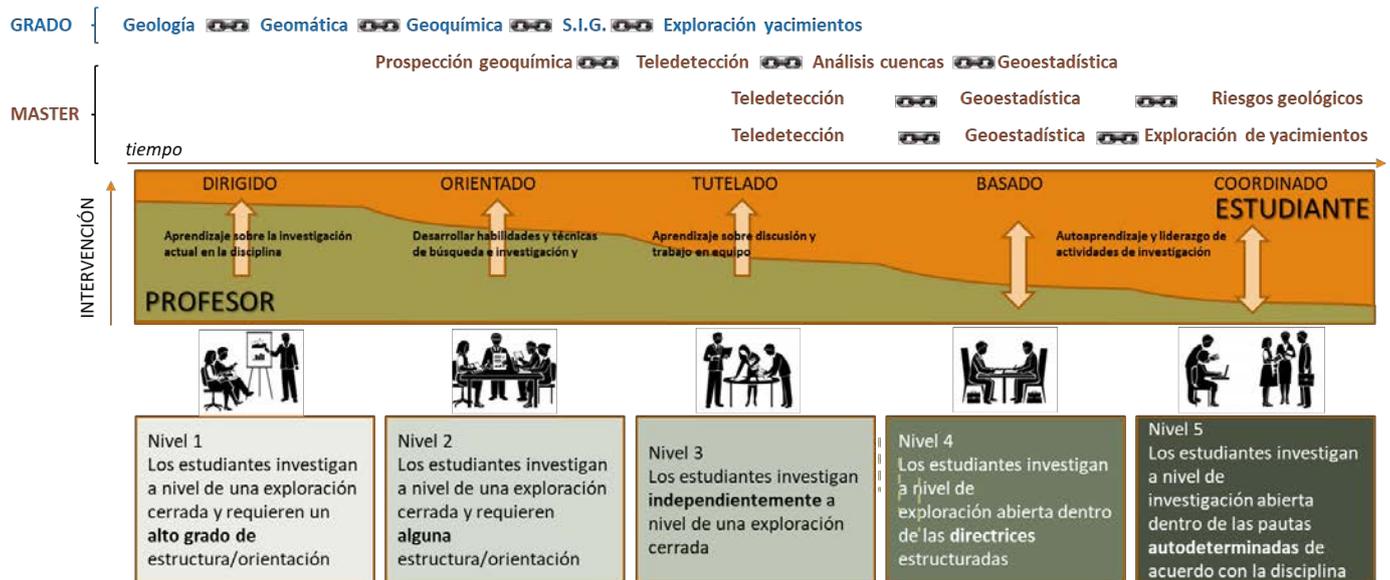


Figura 1. Proceso de enseñanza ABI aplicado en cadenas.

Uno de los principios de esta proyección metodológica es “aprender haciendo” (*learning by doing*), favoreciendo el espíritu crítico y la motivación en el estudiante de manera activa a través de la investigación. Se parte de una situación o dificultad que surge de un análisis de la realidad y de unas necesidades o misiones que obliga al equipo de estudiantes a superar formulando o proponiendo una solución tras dominar unos contenidos específicos, pasados y actuales, que se encuentran interrelacionados. La educación en ingeniería, junto con los aspectos técnicos, se centra en la conciencia metacognitiva, por lo que en cada paso que se da, cambiando de asignatura pasada a la actual, se propone un proceso reflexivo sobre qué, cómo y para qué se ha abordado cada bloque temático o asignatura. A la sazón, se trabajan las dimensiones: conceptual, procedimental, y profesional de cada proyecto.

El proyecto o plan de investigación pautado depende, sobre todo, del nivel académico que el estudiante afronta, puesto en función de éste, el alcance de las preguntas planteadas difiere de dificultad. Por tanto, el plan formulado es aquel que responde a cuestiones, que implican recordar y aplicar conocimientos previos para comprender nuevos, lo que sigue un itinerario de observación, formulación de hipótesis y conclusión, con un enfoque dirigido, orientado y tutelado a la investigación. Tanto el itinerario a seguir como el proyecto a afrontar, se presentan al estudiante desde un primer momento, apoyado en la realidad para romper con el efecto de desconexión entre asignaturas. A medida que el estudiante progresa en su camino, o bien se complica la formulación del problema o, en su defecto, se complementa con otras cuestiones que, para su resolución, son necesarios nuevos conocimientos que se van adquiriendo con los contenidos impartidos más recientes. Paulatinamente, de esta forma, su nivel cognitivo va madurando.

Por ejemplo: la investigación sobre la que los estudiantes trabajan a lo largo de la cadena orientada a la Exploración de Yacimientos trata de encontrar un yacimiento mineral rentable para su explotación a cielo abierto o subterráneo, siendo ésta la primera fase del método científico. Las fases del trabajo son las siguientes:

1. Observación. Los estudiantes eligen dos empresas mineras, que coticen en bolsa y realizan un análisis diario de las

acciones. En caso de ser un trabajo llamativo, el estudiante en cuestión realiza una breve presentación.

2. Análisis y caracterización de contenidos multidisciplinares mediante estudio de exploración. Los estudiantes realizan un análisis de anomalías de ciertos minerales con la ayuda de un programa. Tras obtener los resultados se incluyen en un mapa con diversas capas con la ayuda del SIG. Para examinar de manera gráfica estas anomalías, se utilizará cartografía e imágenes aéreas y satelitarias, obteniendo así observaciones en distintos espectros.

Para la cadena orientada a los peligros geológicos, elegido uno en particular, la formación se organiza a su alrededor de manera colaborativa, cubriendo así las necesidades de conocimiento académico precisado. El trabajo entregado es acompañado por instrucciones claras y orientadas, con un alcance y expectativas, así como de las herramientas que se deben utilizar para el análisis espacial y representación de la información. Dependiendo del nivel de dificultad, el trabajo será expuesto como manuscrito con formato de memorando científico-técnico, como recurso de enseñanza basada en la investigación, o como artículo científico a alguna revista indexada en SCOPUS.

Los recursos y materiales docentes para todas las cadenas tendrán una base documental previa que se va modificando en cada curso y una parte que se elabora a lo largo del mismo. Para cada cadena, los recursos disponibles son las diapositivas de las distintas asignaturas elaboradas por los profesores y los programas multipropósito como QGIS, Matlab, R, o más específicos como Mineral Venture, SGems, R-Crisis o OpenQuake, Scoops, entre otros. Además, se procede al diseño del trabajo de investigación y una guía metodológica (bitácora) para llevarlo a cabo que va siendo actualizada periódicamente sobre Moodle, tanto con sus progresos como con las orientaciones del profesor-facilitador, junto a la cartografía topográfica, geológica, etc. en GIS de la zona de estudio.

La evaluación académica de los trabajos se hará mediante el contraste frente a una rúbrica de los resultados de los test en la plataforma Moodle, Kahoot, GoogleForms, y las tareas realizadas para la resolución de los problemas (Tabla 1) pudiendo entrever qué estudiantes realizan un trabajo previo al

aula y cuáles no; y, por otro lado, una exposición oral o manuscrita o póster de los trabajos finales realizados individualmente y por equipos en los que se pueda constatar el avance del método en forma infográfica.

De esta manera se piensa en la introducción de diferentes tipos de ABI basados en distintas etapas (Figura 2). Las tareas de aprendizaje, dentro de los ABI, pueden ir integrándose en los planes de estudio, concatenando las asignaturas. Los actores del proyecto son tanto profesores como estudiantes interviniendo de distinta manera. Los estudiantes inician y consolidan su capacidad investigadora de manera individual y cooperada a la vez que trabajan en la gestión de equipos y mejoran sus habilidades en la búsqueda de información pensamiento crítico. Los docentes, paralelamente, acompañan y ofrecen su andamiaje y apoyo en todo momento que el estudiante lo necesite, con el fiel objetivo de reforzar los resultados, logros y oportunidades, fortaleciendo la autoestima y orientando hacia alternativas.



**Figura 2.** Secuencia de los roles de intervención del estudiante en la metodología presentada, según la orientación del énfasis en la investigación.

#### 4. RESULTADOS

La evaluación es esencial puesto que es necesario saber qué y en qué grado cuantitativo los estudiantes han alcanzado las competencias objetivo e identificar y valorar cuáles son las carencias formativas, los refuerzos y los apoyos precisos. Por ello, la evaluación ha sido adaptada a la metodología formativa aplicada, sobre todo en la época actual, condicionada por el grado de presencialidad en las aulas.

No sólo ha habido una comunicación a través de las herramientas TICs, sino que los docentes valoran la información cualitativa comunicada por parte del estudiante a través del lenguaje corporal. Por esto, la docencia online ha provocado que se multipliquen los esfuerzos y que se realicen cambios para adaptarse y alcanzar un estándar de calidad en la comunicación, lo más similar posible al existente en la presencialidad. La evaluación se ha llevado en tres fases:

1. Evaluación inicial: valorando los conocimientos previos, los razonamientos con sus estrategias, las actitudes y expectativas generadas por los estudiantes. Se comunica a los alumnos el escenario con necesidades a cubrir, lo que se espera que aprendan, cómo lo lograrán y para qué les puede servir. Se presentan las distintas metas del proyecto, el proceso de desarrollo y el aprendizaje, así como se explican las distintas

actividades que realizarán y los resultados a obtener y cómo se relacionan con los logros y el aprendizaje esperado. Por último, se indica la realización del cuaderno de bitácora, una herramienta clásica de la pedagogía que permite un análisis de la evolución del aprendizaje, ayuda a la autogestión y es un recordatorio del itinerario, tareas y pensamientos del estudiante.

2. Evaluación intermedia: para mantener el interés por el aprendizaje, basado en la retroalimentación continua. Se recopilan las evidencias previstas desde un inicio como la revisión semanal del avance en tareas y/o trabajos, análisis del desempeño, o repaso del cuaderno de bitácora. El docente valora los distintos progresos en el aprendizaje, la integración de conocimientos nuevos, razonamientos e hipótesis nuevas, corrige carga de trabajo asignada y apunta las actividades alternativas individuales, plenarias, o grupales. Por último, identifica los apoyos, refuerzos y andamiajes requeridos, además de reconocer y indagar los errores cometidos.

3. Evaluación sumativa: valoración del logro de los aprendizajes en todas las competencias tras recoger y analizar todas las evidencias, considerar el resultado final y emitir un juicio de valor objetivo a través de una rúbrica (Tabla 1). Para ello se propone al estudiantado realizar actividades que favorecen procesos de reflexión metacognitiva sobre lo aprendido, cómo y para qué lo ha aprendido, ayudando a conectar los nuevos aprendizajes con otros, y valorando los logros del alumno con referencia a la situación de inicio y a la final. De esta manera, el profesor conoce si los alumnos cuentan con las bases para continuar aprendiendo y enlazar con el siguiente eslabón del itinerario. Considera la información necesaria para asignar un nivel de desempeño y/o referencia numérica y adecúa las estrategias didácticas y la intervención docente en favor de los estudiantes.

Las herramientas empleadas para estimular la autonomía, seguir los avances, comprobar el nivel de comprensión de conocimientos e identificar las necesidades han sido numerosas. Entre ellas, cabe destacar la recolección, sistematización y análisis de la información obtenida a través de distintas fuentes (trabajos, poster o infografías, e informes), pruebas SEEQ, dianas de progreso, observación directa (durante clases presenciales u online), exposiciones, el desarrollo del trabajo (actividades, conclusiones, observaciones, pensamientos críticos) expuesto en el cuaderno bitácora y la retroalimentación en sesiones plenarias y grupales.

Durante el primer año de implantación no ha sido posible realizar una comparativa con grupos de control al no tener población de estudiantes representativa. Por ello, la valoración de resultados ha sido a través de encuestas SEEQ y sobre los productos en forma de posters (Figura 3), presentaciones, documentación (trabajos escritos, incluso alguna publicación en algún caso) valorados con la rúbrica. Además, éstos pueden ser utilizados como material y/o ejemplo para los cursos venideros. En definitiva, material que puede servir para motivar, como guía o como ejemplo para futuros alumnos como refuerzo del pensamiento positivo “si ellos pudieron nosotros también”. Se crea un aula-espacio en el que el protagonista sea el alumno con sus obras y logros.

En la implementación de esta metodología se han encontrado varios obstáculos, algunos reconocidos por otros autores (Elen, et al., 2007). El primero, según el profesorado, resulta poco racional invertir tiempo adicional en la enseñanza porque, en la práctica, la investigación, y no la enseñanza, es el núcleo de

muchas universidades, y la productividad de la investigación, y no la calidad de la enseñanza, es el principal elemento para la titularidad y la promoción, aunque si es cierto que cada vez se reconoce más la importancia de la enseñanza.

Un segundo obstáculo es que el ABI plantea elevadas exigencias disciplinarias y pedagógicas a los profesores: tener una actitud positiva hacia la investigación de los estudiantes y ser competente para ayudar a los estudiantes en la investigación. Los estudiantes aprecian que sus profesores sean investigadores lo que facilita la comprensión de los estudiantes, aumenta el entusiasmo por el aprendizaje y la enseñanza. Sin embargo, ¿los buenos investigadores son también buenos profesores?

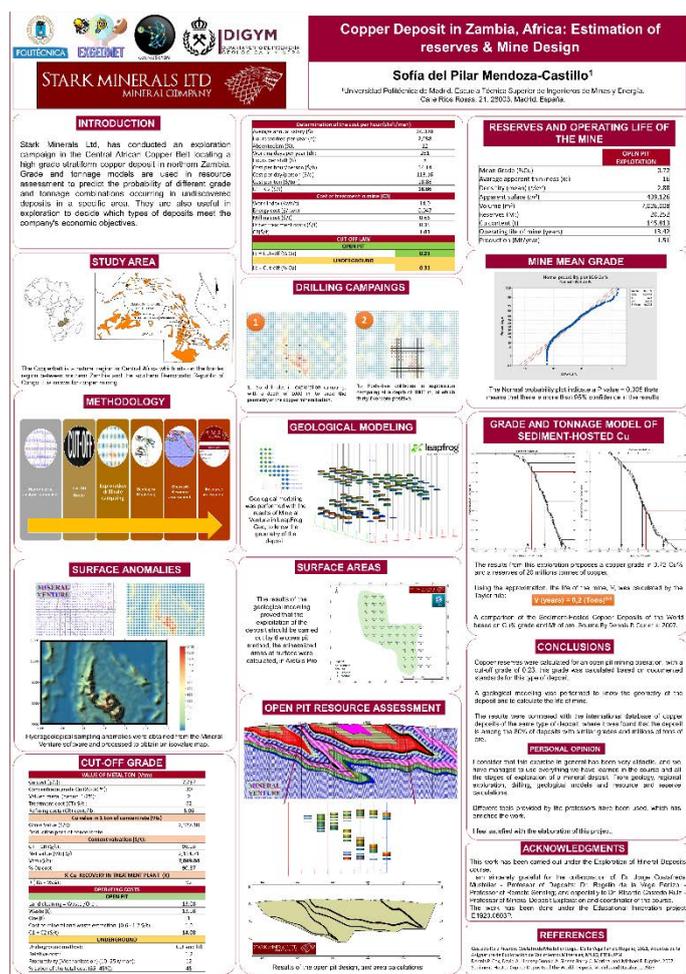


Figura 3. Poster resultado final de la cadena de exploración.

### 5. CONCLUSIONES

Las universidades pueden mejorar la pertinencia de su educación y pueden preparar mejor a los estudiantes para estudios de seguimiento y para las demandas nuevas y emergentes del mercado laboral en el siglo XXI. Además, un estrecho entrelazamiento de la docencia y la investigación fortalece su identidad. Los docentes pueden ayudar a los estudiantes involucrándolos en la investigación para mejor desarrollar competencias altamente valoradas. Una enseñanza más basada en la investigación también puede hacer que la enseñanza sea más atractiva para ellos, y puede hacer que la enseñanza sea fundamental para su propia investigación.

En este marco, la metodología ABI diseñada y desarrollada en el proyecto COGNISCI-ON aquí presentada se apoya sobre

distintas cadenas de asignaturas del itinerario curricular y se lleva a cabo en un marco que abarca cuatro aspectos significativos: el aprendizaje (construye la comprensión de los estudiante), el aprendizaje mediante el desarrollo de conocimientos previos, el aprendizaje cooperativo (lleva consigo un proceso de interacción social) y el aprendizaje significativo (logrado a través de la exploración en el mundo real). De esta manera, la investigación resulta un medio que mejora notablemente la calidad del aprendizaje y lo hace más atractivo para los actores que intervienen. Con este enfoque se consigue concatenar y perfeccionar aprendizaje y los procesos del mismo a diferentes escalas y momentos del itinerario curricular. La retroalimentación, tras cada sesión, mejora el proceso en cada bloque formativo (o bloque temático); tras cada bloque formativo, se mejora el de la secuencia (o asignatura) completa; tras cada asignatura, se mejora el proceso para el conjunto de asignaturas concatenadas en la titulación o master.

La diferencia de este proyecto, que destaca de otros con metodología similar, reside en la concatenación de asignaturas, como clave para el éxito, ya que rompe con la idea que actualmente se tiene de asignaturas-nicho, y ayuda a que al estudiante conciba el aprendizaje como un proceso continuo, con conexiones reales entre situaciones, acciones y asignaturas.

Las consideraciones presentadas se exponen como una experiencia-respuesta inmediatamente después de ser declarada el estado de emergencia y la obtenida en un curso marcado por una bimodalidad, donde el grado de presencialidad en las aulas es crucial. Están encaminadas a reducir el impacto de la crisis, para que cada asignatura pueda desarrollar formas de vuelta a la normalidad. A pesar de estas dificultades reconocidas, tras dos años de puesta en ejecución, COGNOSCI-ON se ha mostrado efectivo y eficiente en tiempos de gran dificultad, por ello se espera que tanto el rendimiento como su impacto mejore en los tiempos futuros en condiciones de normalidad.

### AGRADECIMIENTOS

Las iniciativas, propuestas y actividades aquí presentadas han sido y están siendo desarrolladas dentro del Proyecto de Innovación Educativa de la convocatoria al programa competitivo PIE-UPM IE1920.0603 19-20 y 20-21: COGNOSCI-ON: Generación y asimilación del conocimiento (COGNOS) a través de la activación científica (SCI-ON) en asignaturas vinculadas a la ingeniería en Ciencias de la Tierra.

### REFERENCIAS

Aditomo, A., Goodyear, P., Bliuc, A. M., Ellis, R. A. (2013). Inquiry-based learning in higher education: principal forms, educational objectives, and disciplinary variations. *Studies in Higher Education*, 38(9), 1239-1258. <https://doi.org/10.1080/03075079.2011.616584>.

Boyer, E.L. (1998) *The Boyer Commission on Educating Undergraduates in the Research University, Reinventing Undergraduate Education: A Blueprint for America's Research Universities*, Stony Brook.

Boyer, E.L. (1990). *Scholarship reconsidered: Priorities for the professoriate*. Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, Princeton University Press.

Brew, A. (2001). *The Nature of Research. Inquiry in Academic Contexts*. Routledge.

Brew, A. (2006). *Research and teaching: Beyond the divide*. Palgrave-MacMillan.

Dadach, Z. E. (2017). *An Introductory Chemical Engineering Course Based on Analogies And Research-Based Learning: A Course Designed for Freshmen with Weak Science Background*. Grin Verlag.

Devika, R. P. (2020). Use of metacognitive awareness for the optimal utilisation of competencies in ill-defined situations: A study of Oskar Schindler (schindler’s list). In K. S. Sangwan & C. Herrmann (Eds.), *Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management, 3rd Indo-German Conference on Sustainability in Engineering* (201 - 213). Springer Cham.

EELISA. (2021). *EELISA: our vision and engagements for an European education and research area aligning technical excellence and social impact*. Governing Board declaration. <https://bit.ly/3zsoptT>.

Elen, J., Lindblom-Ylänne, S. & Clement, M. (2007). Faculty development in research-intensive universities: The role of academics’ conceptions on the relationship between research and teaching, *International Journal for Academic Development*, 12(2), 123-139. <https://doi.org/10.1080/13601440701604948>.

Healey, M. & Jenkins, A. (2009). *Developing undergraduate research and inquiry*. York, UK: The Higher Education Academy BREW, A. y LUCAS, L. (2009) *Academic research and researchers*. Buckingham, UK: Society for Research into Higher Education and the Open University Press.

Kinhead, J. (2003). Learning Through Inquiry: An Overview of Undergraduate Research. *New Directions for Teaching and Learning*, (93), 5 – 18. <https://doi.org/10.1002/tl.85>.

Kuh, G.D. (2008). *High impact educational practices: What they are, who has access to them, and why they matter*. Association of American Colleges and Universities.

Noguez, J. & Neri, L. (2019). Research-based learning: a case study for engineering students. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* 13:1283–1295. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00570-x>.

Nigris, E., Balconi, B. & Passalacqua, F. (2019, February 14–15). *University teaching in large classrooms. Engaging different disciplines between didactic transposition educational reconstruction processes* [Paper presentation] Learning & Teaching Forum paper, European Learning & Teaching Forum, EUA and University of Warsaw. Smydra, R.V. (2020, May. 1). Facilitating faculty buy-in to career readiness. *NACE Journal*. <https://bit.ly/35mzk17>

Seymour, E., Hunter, A.B., Laursen, S. L., & DeAntoni, T. (2004). Establishing the benefits of research experiences for undergraduates in the sciences: First findings on a three-year study. *Science Education*, 88(4), 493-534. <https://doi.org/10.1002/sce.10131>.

Singh, R., Devika, R. P., Herrmann, C., Thiede, S., & Sangwan, K. S. (2019). Research-based learning for skill development of engineering graduates: an empirical study. *Procedia Manufact*, 31, 323–329. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.051>.

Spronken-Smith, R. A., Walker, R., Batchelor, J., O’Steen, B., & Angelo, T. (2012). Evaluating student perceptions of learning processes and intended learning outcomes under inquiry approaches. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 37(1-2), 57-72. <https://doi.org/10.1080/02602938.2010.496531>.

Susiani, T.S., Salimi, M. & Hidayah, R. (2018). *Research Based Learning (RBL): How to Improve Critical Thinking Skills?*. SHS Web of Conferences, 42, 00042, <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184200042>.

Swartz, R. J., Costa, A. L., Beyer, B. K., Reagan, R. & Kallick B. (2013). *El aprendizaje basado en el pensamiento: Cómo desarrollar en los alumnos las competencias del siglo XXI*. EDICIONES SM.

UNESCO - ICSU. (1999). Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso Budapest. <https://bit.ly/3xeK15g>.

**Tabla 1** Ejemplo de rúbrica aplicada para otorgar calificaciones máxima, alta y media en la metodología propuesta.

Nivel metacognitivo	Conceptual	Procedimental	Profesional
	Saber QUÉ	Saber CÓMO	Saber PARA
<b>Calificación MAXIMA</b>	La investigación se vincula e integra con otras investigaciones pertinentes, lo que da lugar a un nuevo modelo de comprensión. La profundidad y la amplitud de la investigación se entienden de tal manera que el individuo se inspira para reorganizar otros conceptos y se motiva para hacer aplicaciones creativas e innovadoras y plantear nuevas preguntas de investigación.	Demuestra la capacidad de crear/ desarrollar nuevas metodologías de investigación o combinar metodologías existentes de formas novedosas. Las técnicas se aplican de formas novedosas, o se derivan nuevas reglas del conocimiento profundo.	Demuestra una visión estratégica que permite obtener resultados innovadores en situaciones complejas. Es capaz de comunicar las implicaciones de la investigación, incluidas las limitaciones de los resultados. Demuestra una mentalidad ética.
<b>Calificación ALTA</b>	La comprensión del tema de investigación se amplía, apreciada desde diferentes ángulos, y esta elaboración se refleja en la capacidad de considerar la investigación en otros contextos y desde diferentes perspectivas.	Demuestra la capacidad de seleccionar las metodologías de investigación adecuadas en un contexto determinado. Ya no es necesario indicar las metodologías.	Demuestra la capacidad de adaptarse a nuevos entornos. Capaz de articular las condiciones de la investigación.
<b>Calificación MEDIA</b>	Se ha extraído algún significado personal y su comprensión refleja esta visión interiorizada. El área de investigación se ha convertido en una parte de sus conocimientos. Sin embargo, sigue siendo estrecha y superficial y está relativamente desconectada de otras áreas.	Demuestra la capacidad de aplicar determinadas metodologías y análisis en diversos contextos y a nuevos problemas.	Puede evaluar una circunstancia de investigación e identificar cuestiones clave, como la necesidad de un enfoque ético.