

La educación en ingeniería, un campo de investigación lleno de futuro

David López

Barcelona Science and Engineering Education Research Group
Departament d'Arquitectura de Computadors
Universitat Politècnica de Catalunya
david@ac.upc.edu

Resumen

La mayoría de los profesores que se preocupan por la educación de la ingeniería se centran en realizar innovaciones para la mejora de sus clases o en cómo introducir metodologías que mejoren el aprendizaje. Sin embargo, incidiendo en la innovación no realizan investigaciones complejas que pueden convertirse en proyectos financiados y publicaciones de impacto, además de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta falta de trabajos en investigación en educación es debida muchas veces al desconocimiento de los métodos de investigación en ciencias sociales, las oportunidades que hay, o la epistemología propia del campo. Este artículo reflexiona sobre los métodos de investigación y las dificultades, retos y oportunidades propios de investigación en educación, particularizando en la ingeniería informática.

Abstract

Most lecturers who care about engineering education focus both on innovations to improve their classes and how to introduce new methodologies that improve learning. However, they do not go deeply into research that may result in financed projects and impact publications, as well as improving the teaching-learning process. This lack of interest in research in education is often due to ignorance about the research methods in social sciences, the opportunities that exist, or the epistemology of the field. This article reflects on research methods and the difficulties, challenges and opportunities of research in computer engineering education.

Palabras clave

Investigación en educación. Retos y oportunidades. Academia de la enseñanza y el aprendizaje. Teorías, metodologías y métodos de investigación en educación de la ingeniería informática.

1. Motivación: ¿innovación educativa o investigación en educación?

El campo de la educación de las ciencias ya tiene cierta antigüedad. Hace más de 50 años que se realiza investigación en temas como didáctica de las matemáticas y de ciencias como física o química. Sin embargo, la mayoría de esta investigación se centra en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación primaria y secundaria. Igual que en otros campos, la educación universitaria no ha disfrutado del mismo interés por parte del mundo académico. El campo de la investigación en educación universitaria de la ingeniería y la tecnología es una disciplina emergente. Maura Borrego analizaba en 2007 [1] los criterios necesarios para ser una disciplina y si la educación en ingeniería los cumple, concluyendo que, aunque se cumplieran la mayoría, algunos puntos aún estaban por desarrollar. Estudios posteriores demuestran los avances producidos desde entonces [4, 23].

Si nos preguntamos por qué los ingenieros informáticos debemos realizar investigación en educación, es interesante mirar el trabajo de Ernest Boyer (1928-1995) y su libro *Scholarship reconsidered* de 1990 [5], donde Boyer redefinía el concepto de *scholarship*. Este concepto es difícil de traducir, y algunas veces se ha definido como *tarea académica*, o *labor académica*. En este artículo se traducirá *scholarship* como *academia*, haciendo una sinécdoque entre el concepto de academia y la labor desarrollada por sus miembros. Boyer observó que tradicionalmente se reconocía en la universidad un solo tipo de academia: la de descubrimiento. Sin embargo, el autor defendía que en realidad había cuatro tipos de academia:

- Academia del descubrimiento (*scholarship of discovery*) que incluye la investigación básica y el avance del conocimiento.
- Academia de la integración (*scholarship of integration*) que incluye una síntesis de información

entre disciplinas y/o entre tópicos dentro de una disciplina.

- Academia de la aplicación (*scholarship of application*) que habla de la aplicación del conocimiento y el método científico riguroso en actividades de aplicación práctica.
- Academia de la enseñanza y el aprendizaje (*scholarship of teaching and learning*) que incluye el estudio de los procesos de enseñanza-aprendizaje propios de cada disciplina.

Para contextualizar estas academias en la disciplina de la informática, pondremos un ejemplo: desarrollar nuevos algoritmos de *machine learning* para *big data* estaría dentro de la academia del descubrimiento; el uso de estos algoritmos con metodologías de análisis de bioingeniería pertenecería a la academia de integración; aplicar estos algoritmos a resolver problemas concretos y optimizándolos para entornos hardware determinados sería la academia de la aplicación y, finalmente, estudiar los mejores métodos didácticos para el aprendizaje de estos algoritmos en entornos diferentes (informática, bioingeniería, etcétera) sería la academia de la enseñanza y el aprendizaje.

Según Boyer, toda disciplina debería incidir en las cuatro academias, pues todas son importantes. Además, se deberían evaluar siguiendo diferentes parámetros, pues no es lo mismo trabajar en investigación básica que en transferencia de tecnología, por poner un ejemplo.

Estas ideas ya provenían de las de Jerome Bruner (1915-2016), psicólogo norteamericano y teórico de la psicología cognitiva y el constructivismo. En su libro de 1966 [6] Bruner ya indicaba que la didáctica de una disciplina debe basarse en su epistemología particular. Estudios posteriores¹ confirman que cada disciplina plantea características particulares: la propia naturaleza de los problemas es diferente en cada una y requiere procesos cognitivos diferenciados, con dificultades, retos y oportunidades diferentes. Dado que una enseñanza de calidad requiere el conocimiento profundo de las dificultades y las peculiaridades del aprendizaje de una determinada disciplina, es necesario tener especialistas en dicha disciplina, con profundos conocimientos de la epistemología de la misma, pero al mismo tiempo formados en aspectos educativos que puedan profundizar en el aprendizaje en este campo de conocimiento.

A modo de ejemplo, una columna reciente de Mark Guzdial [15] reflexionaba sobre el uso de aprendizaje por descubrimiento contra clase magistral y en qué momentos del aprendizaje de la programación debería usarse cada uno. Esta reflexión sólo se puede realizar desde un profundo conocimiento de los retos del aprendizaje de la programación.

Por tanto, parece lógico que los profesores de ingeniería informática nos dediquemos a la academia de la enseñanza y el aprendizaje de esta disciplina, dado que conocemos las características de la misma. De hecho, los profesores de todos los campos han experimentado con métodos innovadores, pero no se suele relacionar estas innovaciones con teorías de aprendizaje o se evalúan los resultados más allá de informes anecdóticos con pocos resultados basados principalmente en las notas o la satisfacción de los alumnos. Es decir, nos basamos más en aplicar metodologías y observar sus resultados (innovación) que en explicar por qué esas metodologías funcionan o en desarrollar nuevas metodologías (investigación). En los últimos años ha habido un incremento de artículos publicados en Jenui relacionados con investigación, lo cual demuestra una madurez tanto en el congreso como en la comunidad. Este artículo quiere plantear la reflexión sobre lo que necesitamos para entrar en el campo de la investigación en educación.

2. Qué necesitamos para hacer investigación en educación

Quien quiera investigar en temas de educación de la ingeniería debe visitar las academias y empezar a pensar en cómo hacer descubrimiento, integración y aplicación en educación de la ingeniería y tener unas bases sobre cómo hacer esta investigación. Para ello vamos a fijarnos en las políticas de publicación de dos revistas de referencia: el *Journal of Engineering Education* – JEE, y el *IEEE Transactions on Education* – ToE (Q1 y Q2 respectivamente en la última edición del JCR *Science Edition*).

Todo artículo en el JEE debe empezar definiendo: *Background* (entorno o problema que enfrentamos), *Purpose* (objetivo de la investigación, con una pregunta de investigación) *Scope/Method* (principios teóricos, metodología, experimentos realizados) y *Conclusions* (cuáles son los hallazgos y cuáles sus implicaciones). Es toda una declaración de principios y de qué se espera de una investigación en educación. Por lo que respecta al IEEE ToE, se supone que el trabajo ya pertenece a la academia de la enseñanza y el aprendizaje, pero dentro de esto, se piden que se defina la investigación realizada como descubrimiento, integración o aplicación ya que el contenido esperado del artículo (y cómo será juzgado por los revisores) depende de a qué tipología pertenece. Para ello es muy recomendable leer las dos editoriales de Floyd [13, 14] sobre cómo preparar un trabajo.

Lo que piden estas revistas nos parece natural como investigadores, pero no es como nos planteamos un proyecto cuando intentamos mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de nuestros estudiantes ¿cómo deberíamos plantearnos un trabajo serio de investigación en educación de la ingeniería (informática)?

¹ Como los estudios del ETL Project, véase <http://www.etl.tla.ed.ac.uk/publications.html>

Básicamente, debemos plantarnos nuestro trabajo en función de:

- Temas de investigación en la disciplina, para poder realizar una pregunta de investigación adecuada y de interés.
- Marcos de referencia teóricos, Necesitamos conocimientos de las teorías de enseñanza-aprendizaje y saber dónde se engloba nuestro trabajo.
- Metodologías de investigación, incluyendo algunas que no son naturales para los ingenieros, pero muy usadas en el entorno de investigación de ciencias sociales. Esto nos ayudará a solventar una de las dudas que nos corroe cuando nos planteamos cómo podemos medir el impacto de nuestro trabajo como educadores en el aprendizaje de nuestros alumnos. Aquí debemos destacar la importancia de un buen diseño de los experimentos, así de cómo garantizar la ética de los mismos.
- Métodos y herramientas para la recogida e interpretación de datos.

Las siguientes secciones de este trabajo se centra en ofrecer una aproximación a estos temas.

3. Temas de investigación en educación de ingeniería informática

Esta sección es una especie de trabajo de cartografía. La idea es mapear el territorio de temas de investigación en educación de la ingeniería en general, pero particularizando en la ingeniería informática. Por eso esta sección se basa en el libro de Fincher y Petre *Computer Science Education Research* de 2004 [12], que está dedicado a la ingeniería informática, y sería diferente en el caso de tratar otra ingeniería. La sección se ha completado con información de los artículos de Borrego y Bernhard de 2011 [2], de Borrego y Henderson de 2014 [4] y Siddiqui *et al* de 2016 [22], además de la experiencia personal de quien escribe estas líneas. No se incluyen referencias a temas particulares (como *threshold concepts* o *flipped classroom*) por requerir una cantidad de espacio no disponible en el artículo.

Los temas de investigación son:

1. Comprensión de los estudiantes, caracterizado por la investigación de los modelos mentales y conceptuales de los estudiantes, sus percepciones y los conceptos erróneos o malentendidos. Las preguntas de investigación suelen relacionarse con por qué los estudiantes tienen dificultades y con qué (aquí entran ideas como *threshold concepts* o conceptos umbral que los estudiantes deben aprehender para conseguir un aprendizaje profundo), qué hace que un estudiante sea buen estudiante o las diferencias entre lo que entienden los estudiantes y lo que entienden los expertos.
2. Aprendizaje con soporte tecnológico, basado en el uso de herramientas software para mejorar el aprendizaje, usando simuladores, animaciones y visualización. No es educación a distancia (ese es el apartado 6) sino el uso de herramientas como complemento al proceso de enseñanza-aprendizaje, sea presencial o semipresencial (*blended-learning*), incluyendo herramientas como *Socrative* o *Kahoot!*
3. Uso de tácticas de aprendizaje, o cómo construir puentes para facilitar a los estudiantes el proceso de aprendizaje. Aquí se incluye el uso de tácticas como *flipped-classroom*, aprendizaje basado en problemas/ proyectos/ retos o Aprendizaje-Servicio. Igualmente entra en este apartado importar ideas desarrolladas en otras ciencias (básicamente psicología, pedagogía y neurociencia) con ideas como aprendizaje activo, estilos de aprendizaje, cómo aprende el cerebro o el uso de taxonomías.
4. Evaluación, incluyendo tipos, validez e implicaciones. Las preguntas asociadas con este punto incluyen investigar qué tipo de evaluación es el más adecuado en un entorno determinado; la distinción entre evaluación para la adquisición de un conocimiento factual, detectar cambios en la adquisición de conceptos o la adquisición de competencias; cómo evaluar que se ha adquirido un conocimiento profundo y no superficial, o cómo influye la evaluación en el aprendizaje (no hemos de olvidar que, como dicen Felder y Brent [11] la evaluación dirige el aprendizaje y si los estudiantes saben que algo será evaluado, harán un esfuerzo serio por aprenderlo).
5. Relación universidad empresa, incluyendo cómo transferir la práctica profesional a la clase, y cómo mejorar el aprendizaje de competencias técnicas y transversales por medio de retos reales o prácticas en empresa.
6. Educación a distancia, informal y continua. Los egresados de informática serán unos de los que más tengan que renovar sus conocimientos y aptitudes a lo largo de su vida profesional. Prepararlos para el aprendizaje continuo, el autoaprendizaje, la educación formal a distancia o el aprendizaje informal son temas importantes de investigación con una clara relación con el punto 2 de esta lista. Se incluyen aquí temas de evaluación a distancia y autoevaluación, diseño de audiovisuales desde el punto de vista educativo, MOOC, etcétera.
7. Política universitaria, incluyendo temas de gobernanza, evaluación de la calidad y diseño cu-

ricular. Muchos de los cambios que se producen en el entorno de enseñanza-aprendizaje universitario se producen por la definición de políticas o la implantación de sistemas de calidad, en un cambio *top-down*. El estudio del diseño de estas políticas y su impacto en el aprendizaje es un tema poco estudiado, pero con muchas posibilidades. Igualmente entran aquí ideas de diseño curricular, con temas como CDIO (véase www.cdio.org) o el aprendizaje por competencias.

8. Atracción y retención de estudiantes. La falta de vocaciones en estudios STEM, pero especialmente en las TIC hace que investigar en cómo atraer más estudiantes, especialmente estudiantes de sexo femenino, sea muy atractiva. Igualmente, los estudios de ingeniería tienen uno de los mayores grados de abandono de los estudios universitarios, habitualmente por un factor emocional, por lo que el campo de retención de estudiantes, definición de la identidad del ingeniero o cómo crear un sentimiento de pertenencia a la profesión es un tema candente.
9. Enseñanza de la disciplina en estudios preuniversitarios. En nuestro caso en temas de cómo enseñar tecnología, pero puede incluir temas de pensamiento computacional, uso de herramientas, etcétera. No tiene por qué limitarse a estudios de secundaria, pudiendo incluir primaria o incluso preescolar. Igualmente se pueden englobar aquí estudios sobre la mejora educativa y divulgativa en la sociedad, como diseño de actividades en museos de la ciencia, etcétera.
10. Construcción de la disciplina. La mejora de las bases de la disciplina es siempre un buen tema de investigación, pero en este caso es de especial importancia porque, como ya se ha dicho, estamos ante una disciplina relativamente joven y por tanto en construcción.

4. Marcos de referencia teóricos y metodologías de investigación

4.1. Positivismo e interpretivismo

Este subapartado es el más teórico de todos, y pocas veces se usa en el entorno de la enseñanza de la ingeniería, pero es un punto de inicio imprescindible para comprender el resto de la sección.

El positivismo es el paradigma de investigación al que estamos acostumbrados como ingenieros. Se basa en el concepto de los procesos como deterministas y que se pueden generalizar de una manera libre de variables como el contexto o el tiempo. Se asume que el investigador y el investigado son independientes, de manera que el investigador no es influenciado ni

influye en el investigado. Se trabaja bajo la nomencla, que busca explicaciones generales a los fenómenos que, junto con un conjunto de reglas y condiciones permiten predecir futuros resultados. Eso lleva a que los resultados de un experimento puedan ser replicados por otros investigadores. Las condiciones de los experimentos deben ser controladas para evitar influencias no deseadas. Suele estar asociada a la investigación cuantitativa.

Pero los seres humanos no son tan predecibles como los fenómenos físicos, de manera que hay un paradigma opuesto, el interpretivismo. En este paradigma se considera que existen muchas realidades, y que la respuesta de un individuo o grupo de individuos no puede ser considerado determinista, pues puede depender de su historia anterior, raza, sexo, entorno social, edad, intereses o simplemente de unas circunstancias que pueden ser totalmente diferentes unas semanas después. En este caso, el investigador influye en el comportamiento del investigado por el simple hecho de interactuar con él, ya que esta interacción es la única manera de refinar el proceso de entendimiento del fenómeno. Es por tanto ideográfico (basado en el individuo) y no necesariamente replicable. Este paradigma suele estar asociado a la investigación cualitativa.

Aunque como ingenieros estamos acostumbrados al positivismo y la metodología cuantitativa, no es ningún problema usar el paradigma del interpretivismo y la metodología cualitativa para realizar una investigación en educación de la ingeniería. Incluso hay metodologías mixtas. No hay un método “bueno”, sino que más bien debemos encontrar el mejor método dependiendo de nuestra pregunta de investigación.

Todo lo descrito en el resto de este apartado sigue la información encontrada en diversos textos de referencia. Para hacer más legible el artículo se va a presentar como un texto continuo sin indicar de qué libro proviene cada idea. Los libros de referencia son Coe *et al* 2012 [7], Creswell y Guetterman 2019 [9], Patton 2015 [21] y Tight 2019 [24], además del artículo de Borrego, Douglas y Amelink [3].

4.2. Metodologías cuantitativas

Requieren, en general, unos buenos conocimientos de estadística. Puede producirse o no una intervención por parte del investigador.

- Diseño descriptivo. Busca describir una situación dada o un fenómeno. No se empieza con una hipótesis, pero normalmente se desarrolla una después de la recolección de datos. La recolección es básicamente observacional (puede haber otras) sin que se produzca en ningún caso intervención (es decir, se evalúa una situación, no el impacto de una intervención), prevaleciendo la descripción. Estudios típicos son comparati-

vas, estudios transversales (en un momento temporal) o longitudinales (evolución a lo largo del tiempo).

- **Diseño correlacional.** Explora relaciones entre variables por medio de análisis estadístico, pero estas no son controladas ni hay intervención (por ejemplo, estudiar la relación entre la capacidad creativa de los estudiantes y la calidad del software desarrollado, sin que se haga ninguna intervención que impacte en la creatividad de los alumnos). Permite desarrollar modelos predictivos.
- **Diseño cuasi-experimental.** Busca encontrar una relación causa-efecto de una intervención realizada, por medio de estudios pre- post- o continuados. Se busca el impacto de una variable, pero no se puede garantizar que otras variables no hayan influido. Pueden usarse grupos de control.
- **Diseño experimental.** Similar a la anterior, pero con todas las variables controladas, además de grupos de control creados *ad-hoc*. Por ejemplo, si se realiza una intervención docente en un grupo de una asignatura con dos grupos, dejando el segundo como grupo de control es, en principio un cuasi-experimento, dado que no hemos tenido la oportunidad de distribuir a los alumnos entre ambos grupos de una manera que garantice que otros factores no influyan (expediente académico, sexo de los participantes, nivel socio-cultural, etcétera). Si pudiéramos hacer una distribución entre ambos grupos controlando todas estas variables, entonces sería un diseño experimental auténtico.

4.3. Metodologías cualitativas

No se pueden automatizar y suelen ser más costosas. Hay mucha interpretación personal, pero eso no es ningún problema, sino que se espera de este tipo de investigación. Es importante, si es posible, confirmar los hallazgos con los participantes. Entre las metodologías tenemos:

- **Narrativa.** Explora una historia o un evento. Los datos se recolectan por medio de entrevistas y documentos, con revisión de contextos históricos, sociales, etcétera. Se entra a fondo en los motivos, pero se ciñe a los hechos objetivos, habitualmente con cronologías e incluso biografías.
- **Fenomenología.** Intenta explicar fenómenos o experiencias directas desde un punto de vista subjetivo (cómo ha afectado al individuo). Se desarrolla a partir de la observación y realizando entrevistas. Se describen experiencias analizando el significado y el contexto subjetivo, clasificando qué cosas han producido un impacto.
- **Teoría Fundamentada (*Grounded Theory*).** Tal como las anteriores buscan describir un fenó-

meno, sea desde un punto de vista objetivo o subjetivo, esta metodología intenta extraer una teoría fundamentada basada en observación de experiencias (20-30 experiencias mínimo) que nos lleven a la postulación de esa teoría. Suele ser a base de entrevistas y observaciones y el producto debe ser una teoría o un modelo que intente explicar el fenómeno.

- **Etnografía.** Describe e interpreta un grupo étnico, cultural o social. Habitualmente por medio de entrevistas, encuestas, observaciones e inmersión en la cultura a estudiar. En educación en ingeniería se suelen hacer estudios sobre la respuesta de minorías raciales, estudios de género, por nivel socio-cultural de la familia, etcétera.
- **Estudio de casos.** Examina eventos en un entorno definido desarrollando en profundidad uno o múltiples casos, que se documentan a base de entrevistas y observación contextualizadas en el tiempo, lugar, organización y otras circunstancias que puedan ser de interés. Son más analíticos que estadísticos describiendo el caso, las implicaciones y las lecciones aprendidas.

4.4. Metodologías mixtas

Mezclan métodos cuantitativos y cualitativos.

- **Triangulación.** Se realiza la recolección de datos (de ambos tipos) y a partir de este punto se realiza el análisis. Aunque la recolección es mixta, el diseño se realiza *a priori*, sin que los resultados de una metodología influyan en las demás.
- **Empotrados (*embedded*).** se realiza una primera recolección de datos que permite diseñar la siguiente recolección de datos. Este proceso iterativo puede realizarse todas las veces que se considere necesario (más de dos).
- **Explicativos.** Estos estudios se basan en una primera fase de análisis cuantitativo, el resultado de la cual es usado para el diseño de la parte cualitativa (segunda fase), que se usa para explicar los datos recabados en la primera fase (de ahí su nombre).
- **Exploratorios.** Justo al contrario de la anterior, en este caso la primera recogida de información es cualitativa, lo que permite explorar el problema y por tanto diseñar y dirigir el estudio de la segunda la parte que será cuantitativa.

5. Métodos de adquisición de datos

Como en la sección anterior, lo descrito a continuación sigue la información de diversos libros de referencia, que son los citados anteriormente [7, 9, 21, 24], además del Cohen *et al* 2018 [8]. Dejamos fuera algunas metodologías difícilmente aplicables a la educación de la ingeniería informática.

5.1. Métodos cuantitativos

Los datos recogidos pueden ser que suceden de una manera natural, es decir, datos de los que se dispondrá en todo caso, independientemente de si se realiza una investigación o no (por ejemplo, las notas de los alumnos), datos recogidos *ex profeso* como los obtenidos de cuestionarios y datos obtenidos por un LMS (*Learning Management System*) como Moodle, por ejemplo la actividad de los estudiantes viendo videos o resolviendo problemas que hay en el LMS.

Sobre las posibilidades del análisis son demasiadas para añadirles en este artículo, pero al ser a las que estamos más acostumbrados, hemos preferido poner el énfasis en los métodos cualitativos, más desconocidos para nosotros que los métodos estadísticos como ANOVA, chi-cuadrada o t-test, aunque muchas veces no los usemos correctamente [20].

Sobre los cuestionarios, vale la pena recordar que es imprescindible para cualquier trabajo de investigación serio estudiar su validez y fiabilidad (véase [17]), y que hay que distinguir entre los que evalúan la satisfacción de los estudiantes de los que evalúan la calidad, como el cuestionario SEEQ [16].

5.2. Métodos cualitativos

- Entrevistas estructuradas. Entrevistas personales usando un cuestionario predeterminado. Se recomienda grabar y transcribir los resultados (con el permiso del entrevistado). Como ventaja tiene poder comparar respuestas a las mismas preguntas, como inconveniente es su rigidez (véase el siguiente punto)
- Entrevistas semiestructuradas o abiertas. También individuales, pueden tener una serie de preguntas comunes y además una serie de preguntas abiertas (semiestructuradas) o todas abiertas. Permiten una mayor profundidad al ser adaptativas al diálogo, pero los datos recolectados son más dispersos y difíciles de comparar. Las entrevistas, como en el caso de los cuestionarios, requieren un estudio de validez y fiabilidad.
- Grupos focales (*focus groups*). Entrevistas grupales donde la interacción entre los entrevistados permite recoger ideas profundas y discusiones. Son más efectivas en tiempo (muchos entrevistados simultáneamente), además de proveer una contextualización. Es importante escoger los miembros a entrevistar y conseguir un entorno seguro, tranquilo, donde se guía la discusión pero tratando de no influir. Hace falta experiencia de campo para llevarlas a cabo.
- Observación directa. El investigador busca información de primera mano sobre comportamientos o procesos observándolos y tomando notas. No hay participación. Da una perspectiva natural y sin efectos por parte del investigador.

- Observación participante. Igual que la anterior, pero el investigador participa activamente, pudiendo entender mejor los procesos. Se pierde objetividad. Un ejemplo de la diferencia entre este método y el anterior sería observar el comportamiento en clase de un grupo de estudiantes ante una innovación (por ejemplo, *flipped classroom*) de una asignatura. Si el investigador no de no es profesor ni ha participado en el diseño de la innovación es observación directa, mientras que si ha participado en el diseño y como profesor en la clase sería observación participativa.
- Documentación escrita. Búsqueda documental, estado del arte, experiencias que atacan el problema buscado, estudios bibliográficos, etcétera.

6. Cómo plantear una investigación en educación en ingeniería

Primero de todo, hay que definir el problema, por qué es un problema y cómo percibimos el problema. Luego ver si la literatura coincide en la importancia de la formulación de la pregunta de investigación. A continuación, se debe realizar un estudio del estado del arte para ver cómo ha actuado la comunidad en casos similares (cosa que en innovación muchas veces se obvia). El siguiente paso, una vez realizada la pregunta de investigación y la hipótesis, hay que decidir la metodología que mejor puede funcionar de acuerdo a la investigación y finalmente los métodos de recogida y análisis de datos.

Antes de proceder a la investigación es muy importante considerar las implicaciones éticas de nuestra investigación. Todo experimento que tenga que ver con humanos debe ser aprobado por un comité ético que garantice que no se produzca un daño, que se proteja la privacidad y se respete la autonomía del individuo. Como investigadores de ciencias e ingeniería no estamos acostumbrados a defender nuestros experimentos delante de un comité ético, y algunas universidades ni siquiera tienen uno, pero es imprescindible contar con su aprobación.

Si queremos publicar nuestra investigación, no olvidemos indicar claramente en el artículo: la pregunta de investigación, las hipótesis a demostrar o refutar, el entorno exacto de las pruebas, el tipo de metodología (cuantitativa, cualitativa, mixta y cuál), los métodos de recogida y análisis de resultados, qué debería darse para demostrar o refutar la hipótesis, la validez y fiabilidad de las herramientas y, caso necesario, que se cuenta con la aprobación de un comité ético. Sin esta información, lo más probable es que nuestro trabajo sea rechazado en las revistas de impacto.

7. Situación en España

La investigación en educación de la ingeniería no es algo reconocido en España. En el momento de pedir el sexenio nos podemos encontrar con que nuestras publicaciones en estos temas sean ignoradas por las comisiones de evaluación [19]. Sin embargo muchas escuelas y facultades de Informática tienen grupos trabajando en innovación docente, incluso realizando investigación. La prueba son los 25 años de Jenui, pero si miramos el estudio de Lima y Mesquida de 2018 [18] donde analizan los artículos publicados en educación en ingeniería en revistas internacionales entre 1988 y 2017, nos encontramos que España es el segundo país europeo que más artículos ha publicado (737), por detrás de Reino Unido (1330) y seguidos en el tercer lugar por Alemania (344). Es decir, nuestro profesorado se implica. ¿Qué nos falta para que la disciplina despegue? Básicamente un entorno adecuado y reconocimiento.

Respecto al entorno adecuado, el tema de la formación de más y mejores ingenieros informáticos es un tema que preocupa a nivel mundial y especialmente en Europa, donde según un estudio de 2017, el 54% de los puestos de trabajo especializados en TIC resultan muy difíciles de cubrir [10]. Así se han conseguido proyectos financiados para la atracción y retención de estudiantes de ingeniería y mejora de la educación de los mismo en los programas H2020 y Erasmus+, de manera que pueden obtenerse buenos proyectos de investigación para financiar investigación y publicaciones en esta disciplina.

Otra cosa que necesitamos para trabajar como disciplina es un paraguas para posibles doctorandos. Realizar una tesis en educación de la ingeniería en España no es fácil. Inscribirse en un programa de doctorado en educación es complicado, pues en muchos casos se requiere un máster en educación, psicología o pedagogía, o unos complementos de formación casi equivalentes a un máster. Aunque algunas universidades admiten proyectos de tesis en sus programas de doctorado tecnológicos, en muchos casos como el de nuestra universidad, la Politécnica de Catalunya (UPC) resultaba casi imposible inscribir un proyecto de tesis en educación al no ajustarse estos proyectos a las líneas de investigación de los programas. El problema es que no hay un programa de doctorado en educación de la ingeniería en España. De hecho, hay apenas tres en Europa (Aalborg, Chalmers y Uppsala) y poco más de docena y media en los EEUU, siendo el más antiguo de todos el de la universidad de Purdue, que data de una fecha tan reciente como 2004. No congratula pues anunciar que la UPC está iniciando el primer programa de doctorado en estos temas con el nombre de “Doctorado en Educación de la Ingeniería, las Ciencias y la Tecnología”, que está actualmente en fase de evaluación por las agencias de calidad y que aceptará sus primeros

estudiantes en septiembre de 2020. Este programa está abierto a la colaboración con todos nuestros compañeros, pues pensamos que esta colaboración es fundamental para el avance de la disciplina.

¿Y el reconocimiento? Hay que seguir luchando con las agencias de calidad para que consideren las publicaciones en educación de nuestra área de conocimiento como publicaciones tan válidas para promoción o sexenios como el resto. Ahora sólo se aceptan publicaciones de las academias de integración, aplicación y sobre todo de descubrimiento, habiéndose olvidado la academia de la enseñanza y el aprendizaje. Empieza a haber movimientos al respecto, pero aún son lentos. Lo que sí han logrado profesores de áreas propias de informática es obtener un sexenio aplicando en el área de “ciencias de la educación”, dado que habían dedicado el grueso de su investigación a esta disciplina. Es un principio. El camino por recorrer es largo, pero ya llevamos una buena parte

8. Conclusiones

Conseguir que los profesores investiguen en la academia de la enseñanza y aprendizaje requiere un conocimiento de cómo hacer una investigación sabiendo los temas, paradigmas, metodologías y métodos de la disciplina. Este trabajo presenta las nociones básicas en el entorno de la educación en ingeniería en general particularizando en algunos puntos en la ingeniería informática.

Se han repasado los principios teóricos que nos llevan a defender la razón por la cual hemos de ser los ingenieros informáticos los que lideremos el campo de la investigación de la educación en nuestra especialidad, así como el estado actual en España. Este estudio tiene unas limitaciones claras: no incluye variantes de metodologías, ni un listado de herramientas o prácticas innovadoras (investigación-acción, práctica reflexiva, ludificación, aprendizaje-servicio, etcétera) por falta de espacio, prefiriendo centrar el trabajo en ofrecer una pincelada de temas de investigación, marcos de referencia, metodologías de investigación y de recogida e interpretación de datos. Se ha intentado presentar un estudio más cualitativo que exhaustivo.

El avance en este campo es imprescindible para la comunidad que formamos, pero el avance debe basarse en un trabajo serio y de calidad, por lo que es necesario aprender nuevas metodologías y métodos de investigación, aquellos que mejor aplican a la educación.

Referencias

- [1] Maura Borrego. “Conceptual difficulties experienced by trained engineers learning educational research methods”. *Journal of Engineering Education* 96(2):91-102. 2007.

- [2] Maura Borrego y Jonte Bernhard. "The Emergence of Engineering Education Research as an International Connected Field of Inquiry". *Journal of Engineering Education* 100(1):14-47. 2011.
- [3] Maura Borrego, Elliot P. Douglas, y Catherine T. Amelink. "Quantitative, qualitative, and mixed research methods in engineering education." *Journal of Engineering Education* 98(1):53-66. January 2009.
- [4] Maura Borrego y Charles Henderson. "Increasing the Use of Evidence-Based Teaching in STEM Higher Education: A Comparison of Eight Change Strategies". *Journal of Engineering Education* 103(2):220-252, Abril 2014.
- [5] Ernest L. Boyer, "Scholarship reconsidered: Priorities of the professoriate". Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching. 1990.
- [6] Jerome Bruner. "Toward a Theory of Instruction". Cambridge, MA: Harvard University Press. 1966.
- [7] Robert J. Coe, Michael Waring, Larry V. Edges y James Arthur, eds. . "Research Methods and Methodologies in Education". *Thousand Oaks: California*. 2012.
- [8] Louis Cohen, Lawrence Manion y Keith Morrison. "Research Methods in Education". 8th Edition. *Routledge* 2018.
- [9] John W. Creswell y Timothy C. Guetterman. "Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research", 6th Edition. *Pearson* 2019.
- [10] Eurostat. "ICT specialists – statistics on hard-to-fill vacancies in enterprises". 2017 Report. On-line: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/ICT_specialists_-_statistics_on_hard-to-fill_vacancies_in_enterprises
- [11] Richard M. Felder y Rebecca Brent. "Designing and Teaching courses to Satisfy the ABET Engineering Criteria". *Journal of Engineering Education*, 92(1), 7-25. January 2003
- [12] Sally Fincher y Marian Petre. eds. "Computer science education research". *CRC Press*, 2004.
- [13] Jeffrey E. Froyd. "Editorial: A New Direction for the IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION: Part I. Developing Shared Understanding of the Scholarship of Application" *IEEE Transactions on Education* 56(4):373-376. November 2013.
- [14] Jeffrey E. Froyd. "Editorial: A New Direction for the IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION: Part II. Increasing the Relevance of Your Manuscript" *IEEE Transactions on Education* 57(1):1-3. February 2013
- [15] Mark Guzdial. "Direct Instruction is Better than Discovery, but What We be Directly Instructing?" Blog en el *Communications of the ACM*, 7 de noviembre de 2018. En línea: <https://cacm.acm.org/blogs/blog-cacm/232557-direct-instruction-is-better-than-discovery-but-what-should-we-be-directly-instructing/fulltext>
- [16] Herbert W. Marsh, Herbert W. "SEEQ: A Reliable, Valid, and Useful Instrument for Collecting Students' Evaluation of University Teaching" *British journal of educational psychology* 52.1 (1982): 77-95.
- [17] Carmen Lacave, Ana Isabel Molina, Mercedes Fernández, Miguel Ángel Redondo. "Análisis de la fiabilidad y validez de un cuestionario docente". *ReVisión* 9(1):23-36. Enero 2016.
- [18] Rui M. Lima y Diana Mesquida. "Engineering Education (Research) in European Countries – an overview based on publications in journals". En *3rd International Conference of Society for Engineering Education (CISPEE)*, pp. 1-6. IEEE, 2018.
- [19] David López. "Capítulo XIII y último, donde se reflexiona sobre la implicación del profesor en la educación, la ANECA, el campo Engineering Education Research y otras cosas, algunas de mal entender y peor aceptar, mas acabando con una nota de optimismo". *Columna en ReVisión*, 11(1):9-12 Enero 2018.
- [20] Irene G. Mosquera, Arnau Mir, José Miró-Julà. "Cuando lo estadísticamente significativo ni es estadístico ni significativo. Errores habituales al usar estadísticas." En *actas del XXIII Jenui* pp121-128. Cáceres, julio de 2017
- [21] Michael Q. Patton "Qualitative Research & Evaluation Methods. Integrating Theory and Practice". 4th edition. *Sage Publishing* 2015.
- [22] Junaid A. Siddiqui, Cheryl Allendoerfer, Robin S. Adams y Bill Williams. "Integration of Scholarship: Interconnections among Three Studies on Becoming an Engineering Education Research". *International Journal of Engineering Education*, 32(6):2352-2377. 2016.
- [23] Ruth A. Streveler y Karl A. Smith. "Guest Editorial: Conducting rigorous research in Engineering Education". *Journal of Engineering Education* 95(2):103-105. 2006.
- [24] Malcom Tight. "Higher Education Research. The Developing Field". *Bloomsbury Publishing*. 2019.