

Aportaciones Metodológicas de la Investigación a la Docencia

Jose A. Lozano

Dept. de Ciencias de la Computación
e Inteligencia Artificial
Universidad del País Vasco
e-mail: lozano@si.ehu.es

Susana Rodríguez

Licenciada en Psicopedagogía
e-mail: suscarreras@yahoo.es

Resumen

La presente ponencia constituye un ejercicio de aplicación de la metodología de investigación a la docencia. De este modo se identificarán las principales actividades de la metodología investigadora, y se verá cómo éstas se pueden utilizar para construir en torno a ellas una asignatura. Se realizará también un análisis de las capacidades, habilidades y conocimientos generales que potencia este tipo de metodología.

1. Introducción

Una de las funciones de la Universidad (y seguramente una de las menos potenciadas en nuestro país), es sin duda la docente. Tradicionalmente esta tarea se ha caracterizado por la utilización de una metodología centrada en el profesor y basada sobre todo en la mera transmisión de conocimientos acumulados acerca de una determinada disciplina. Aun siendo conscientes de los grandes progresos alcanzados actualmente con el objetivo de modificar esta situación, constatamos aún una gran necesidad de cambio.

En una apuesta clara por la calidad educativa universitaria, a continuación presentamos una experiencia donde combinando dos ciencias en principio diferentes (la psicopedagogía y la informática), tratamos de contribuir a la concepción de la enseñanza como una tarea en la que el estudiante es el protagonista y nosotros, profesores, meros orientadores suyos.

2. La investigación y sus actividades

La mayoría de los trabajos de investigación parten de un *problema* para el que hay que aportar una solución novedosa. Para ello es necesario realizar un conjunto de actividades que son comunes a casi todos los campos de la ciencia. Dentro de ellas podríamos destacar las siguientes:

- Búsqueda de información acerca del problema. Antes de realizar cualquier aportación es necesario conocer cuál es el estado actual de desarrollo de la materia. Esto supone realizar una búsqueda de información a través de diferentes fuentes: libros, publicaciones periódicas, Internet y otras fuentes escritas (tesis, informes de investigación, proyectos de investigación, etc.)[1]. El objetivo es compilar toda la documentación posible acerca del problema. Resultan de gran interés aquellos trabajos que suponen una revisión actualizada del problema (surveys, reviews).
- Selección de la información obtenida. A continuación es necesario realizar un análisis a fin de seleccionar el material que más se ajuste a nuestros objetivos.
- Estudio y análisis de los contenidos del material seleccionado, y organización de los conocimientos adquiridos.
- Proposición de soluciones novedosas al problema estudiado.
- Validación de la solución propuesta y si procede, comparación con otras soluciones propuestas en la literatura.

Resulta evidente que la realización de estas actividades supone la adquisición de ciertas capacidades, habilidades y conocimientos. Dado

que el objetivo de esta ponencia es aplicar la metodología de investigación a la docencia, la enumeración desde un punto de vista general de dichas capacidades, habilidades y conocimientos, nos alejaría del punto de vista práctico del artículo. Por este hecho vamos a retrasar la enumeración de las mismas con el fin de situarlas en el contexto de la asignatura.

3. Un ejemplo: Optimización. Técnicas Avanzadas

Dado que nuestro propósito es aplicar la metodología anteriormente expuesta a la práctica, a continuación describiremos la asignatura elegida para desarrollar esta idea. Esta es: *Optimización. Técnicas Avanzadas*.

3.1. Contexto

La asignatura Optimización. Técnicas Avanzadas es una asignatura optativa de segundo ciclo, dentro del plan de estudios de Ingeniero en Informática en la Universidad del País Vasco. Dicha asignatura consta en el plan de estudios con una carga lectiva de seis créditos (cuatro teóricos y dos prácticos). El número de alumnos matriculados en la asignatura oscila entre veinte y treinta y cinco. El primer coautor de la presente ponencia viene impartiendo esta asignatura durante los tres últimos años.

3.2. Contenidos

Los contenidos de la asignatura se centran en la resolución de problemas de optimización combinatoria mediante técnicas heurísticas. Las más destacables son: búsqueda local, enfriamiento estadístico (simulated annealing), búsqueda tabú y algoritmos genéticos [3]. Previo a cursar esta asignatura los alumnos han debido superar otras, donde se imparten conocimientos directamente relacionados con los contenidos de la asignatura Optimización. Técnicas Avanzadas, como son: Optimización, donde se abordan temas relacionados con la programación lineal, programación entera y programación dinámica; y Algorítmica, donde entre otros aspectos se trata el análisis de algoritmos, la complejidad, y la NP-

completitud. Ambas se imparten en el primer ciclo [2].

3.3. Metodología

Dentro de la metodología que se utiliza en la asignatura podemos distinguir entre la metodología usada en las clases teóricas y la de las clases prácticas.

En las clases teóricas la metodología predominante es la clase magistral. El objetivo de estas clases dista mucho de ser la mera repetición de los contenidos propios de la asignatura reflejados en el programa, ya que bien pueden ser estudiados a través de los apuntes que desde un principio el profesor pone a disposición de los alumnos (<http://www.sc.ehu.es/ccwloalj/ota>). Creemos que resulta más enriquecedora la transmisión de la visión que el profesor tiene de la materia, desde un enfoque globalizador y abordando las posibles interconexiones entre los contenidos.

Una vez introducido cada tema de la manera anteriormente expuesta, este se completará con una serie de sesiones dedicadas a la resolución, por parte los alumnos, de problemas teórico-prácticos (relación de ejercicios). Por supuesto en esta tarea contarán con la atenta supervisión del profesor.

En cuanto a las clases prácticas, es aquí donde se centran nuestras propuestas innovadoras, así que serán tratadas de forma independiente más adelante.

3.4. Evaluación

De acuerdo con la organización y la dinámica seguida por el profesor en clase, se contemplan dos alternativas excluyentes. Por un lado, y de acuerdo con la legislación vigente, todo alumno tiene derecho a un examen final de la asignatura. En él se evalúan exclusivamente los conocimientos que están reflejados en los apuntes anteriormente mencionados.

Por otro lado los alumnos pueden elegir ser evaluados por medio de la práctica que más adelante se expondrá, así como con la resolución de los ejercicios teórico-prácticos realizados en clase.

4. Un trabajo práctico basado en la metodología de la investigación

4.1 Descripción general de la práctica

En este apartado expondremos detalladamente la metodología utilizada en la parte práctica de la asignatura. El eje fundamental de la misma es la realización de un trabajo en el que se incorpora la metodología investigadora adaptada a las características propias de la asignatura.

Los alumnos deberán en esta parte resolver un problema de optimización combinatoria *clásico*. Estos, son problemas que en su mayor parte han jalonado la investigación en el campo de la optimización combinatoria, y aún hoy en día siguen vigentes como elementos de investigación. Los problemas utilizados en este caso han sido: el problema del agente viajero, el problema de la partición de un grafo, el problema de la mochila, el problema del recubrimiento de conjuntos, el problema de la ruta de vehículos y finalmente un problema de localización [4].

Para su resolución optamos por el trabajo en grupo. Una vez que los alumnos se han dividido libremente en grupos de tres, el profesor les asignará aleatoriamente los problemas antes mencionados.

A partir de aquí deberán completar una secuencia de trabajo que se extiende a lo largo de todo el cuatrimestre que dura la asignatura, y que está compuesta por las siguientes fases:

1. Búsqueda de información acerca de las soluciones existentes al problema asignado, principalmente aquellas en las que se utilizan los algoritmos desarrollados en la asignatura.
2. Selección de la información encontrada. Esta fase se realizará de forma conjunta con el profesor. De toda la información obtenida en la fase anterior se priorizará aquella que presente una visión general de los métodos que se han utilizado para resolver el problema en cuestión, así como aquella en la que se expongan los algoritmos que obtienen mejores resultados.
3. Estudio de la información seleccionada. El objetivo de esta fase es encontrar el/los algoritmo/s que mejores resultados obtienen en la resolución del problema asignado. Al

mismo tiempo es necesario obtener conjuntos de datos (instancias del problema) donde poder realizar una comparación con los algoritmos que se propongan en fases posteriores.

4. Propuesta de un nuevo algoritmo de optimización o modificación de alguno ya existente. Esta se hará extensa a toda la clase, con el objetivo de favorecer que el resto de compañeros sugiera, aporte, critique, etc. el trabajo presentado.
5. Evaluación del nuevo algoritmo propuesto en los conjuntos de datos obtenidos en la fase 3 y comparación con el mejor algoritmo encontrado en la bibliografía.
6. Documentación. El tipo de documentación a entregar en este caso es un escrito en el que, siguiendo la estructura de un artículo de investigación, debe quedar reflejado todo lo realizado en la práctica. Aunque esta fase se sitúa al final del proceso, los alumnos deben ir entregando documentación a medida que van terminando ciertas fases.

Los alumnos deberán ir completando y presentando al profesor los resultados de estas fases en unos tiempos establecidos previamente al comienzo de la asignatura.

- 1ª fase: una semana
- 2ª fase: una hora y media
- 3ª fase: un mes
- 4ª fase: un mes
- 5ª fase: un mes

El objetivo de esta secuenciación es facilitar la organización de los propios alumnos y evitar la acumulación del trabajo al final del cuatrimestre.

4.2 Papel del profesor

Hemos querido dedicar una sección independiente al profesor ya que en un trabajo de estas características, la figura del docente será imprescindible para la consecución exitosa de la práctica. Debemos tener en cuenta que los alumnos no están acostumbrados a este tipo de actividades por lo que puede resultar para ellos, al menos en un principio, un trabajo de gran complejidad.

Es por esto por lo que es necesario que el profesor adopte una actitud dinamizadora, motivadora y orientadora.

La función motivadora, puede girar en torno a la toma de conciencia de que son los propios alumnos los que tienen la oportunidad de obtener la mejor solución conocida a un problema clásico de optimización.

Por otra parte el profesor jugará un papel fundamental en la orientación y guía de cada una de las fases del proceso. Así mismo evitará mediante sus conocimientos que los alumnos se atasquen en alguna fase o que queden superados por la aparente complejidad de las mismas. En concreto se les proporcionará ciertas fuentes de información, se realizará de forma conjunta con los alumnos la selección de la información encontrada, se dará apoyo en la confección del análisis del material encontrado, así como en el abandono de propuestas que no conduzcan a ninguna solución eficiente. Finalmente cabe destacar que el profesor ilustrará todas las fases de la práctica resolviendo él mismo un problema de optimización. La documentación relativa a la resolución de dicho problema se entregará al comienzo del curso para que sirva de modelo a la hora de confeccionar la misma por parte de los alumnos.

4.3 Evaluación de la práctica

Para la evaluación de la práctica se tendrá en cuenta tanto el proceso y la progresión a lo largo de la misma (evaluación formativa), como el producto final (evaluación sumativa) [5].

Por un lado al finalizar cada fase de trabajo, el profesor evaluará los resultados, utilizando un criterio cualitativo. Por ejemplo en la fase que incluye la creación de un nuevo algoritmo, se valorará tanto la utilización de forma correcta de los algoritmos heurísticos expuestos en las clases teóricas, la utilización de características propias del problema de optimización a resolver, como la innovación y la imaginación en la propuesta de soluciones. Por el contrario los resultados obtenidos por el algoritmo no constituyen un eje fundamental.

En la evaluación del producto final jugará un papel muy importante la documentación, ya que esta debe reflejar la tarea realizada por los alumnos.

5. Capacidades, habilidades y conocimientos

Veamos a continuación que es lo que supone para el conjunto de alumnos la realización del trabajo anterior en términos de capacidades, habilidades y conocimientos.

5.1 En términos de capacidades y habilidades

Entendiendo por capacidades las aptitudes que disponen al alumno para el buen ejercicio de su posterior tarea profesional, a continuación presentamos aquellas que a nuestro juicio se fomentan en la práctica:

- Autonomía: son los propios alumnos los que, con ayuda del profesor, van construyendo su conocimiento de la asignatura.
- Análisis y síntesis: el ejercicio de enfrentarse a un cúmulo de información desestructurada en las primeras fases de la práctica, sin duda requerirá un gran esfuerzo de extracción y sistematización.
- Imaginación: la necesidad de crear un nuevo algoritmo supone un interesante ejercicio de imaginación.
- Creatividad: muy relacionada con la anterior.
- Intuición: la experimentación con las técnicas de optimización supone adquirir una intuición acerca de cómo estas funcionan en la práctica, aplicable a otros problemas.

Estas capacidades se concretan en las siguientes habilidades:

- Destreza en la lectura y escritura de textos científicos.
- Habilidad en utilizar los algoritmos estudiados en clase en la práctica.
- Habilidad de resolver problemas de optimización combinatoria.
- Desarrollo de características facilitadoras del trabajo en grupo.

5.2 En términos de conocimientos

Además, como resulta evidente el desarrollo de la práctica, proporciona unos conocimientos concretos:

- Conocimiento de técnicas heurísticas de optimización.

- Conocimiento de los factores que influyen en la aplicación práctica de los algoritmos.
- Conocimiento de problemas de optimización combinatoria clásicos.
- Conocimiento de la metodología de investigación.
- Conocimiento de nuevas fuentes de información.
- Conocimiento de herramientas de optimización de uso común en el mundo empresarial e industrial.

6. Problemática

Trataremos en este punto los diferentes problemas que pueden surgir a la hora de implantar la metodología anterior. Estos problemas pueden ser de índole muy variado.

Un primer problema es el tamaño del grupo de alumnos, la limitación a treinta y cinco alumnos no es caprichosa. Un número superior imposibilitaría la puesta en práctica de la metodología. La carga que supondría para el profesor sería difícilmente soportable.

Otro aspecto que puede ser fruto de problemas es el hecho de que todo el material bibliográfico que se recoge durante la práctica está escrito en inglés. Aunque durante el primer ciclo hayan tenido que leer algún texto en inglés, estos han sido en su mayoría manuales de programas y en escasas ocasiones otro tipo de material.

Otro problema, este de índole más práctico, es la disponibilidad de suficientes horas de cómputo. Una característica de los algoritmos heurísticos es la cantidad de recursos informáticos que consumen, fundamentalmente tiempo de cómputo. Si a esto se une el hecho de que la inmensa mayoría de ellos son algoritmos estocásticos (su eficiencia sólo puede ser medida mediante la obtención de estadísticas, lo que supone la realización de varias ejecuciones), tenemos ante nosotros una necesidad importante de horas de CPU.

Finalmente destacar que la documentación puede ser otra fuente de problemas. Por un lado, la escritura está sujeta a un formato muy estricto, y por otro el tipo de escrito debe seguir ciertas normas de trabajo científico, debe ser conciso, estricto y directo al mismo tiempo que

suficientemente descriptivo como para que todo lo expuesto sea reproducible.

7. Conclusión

Nuestra intención con la presente ponencia ha sido aportar una nueva metodología para el desarrollo de una asignatura. Aunque su puesta en práctica requiere de bastante esfuerzo pensamos que los resultados justifican esta dedicación.

En general la retroalimentación obtenida por parte de los alumnos ha sido positiva, y esto nos motiva a continuar mejorando esta propuesta.

En todos los casos la tarea docente debe estar cuestionada permanentemente por los profesores, de manera que esto repercuta en la mejora de la calidad de la enseñanza.

Referencias

- [1] R. Sierra. *Tesis doctorales y trabajos de investigación científica*. Paraninfo, 1986.
- [2] *Guía Docente de la Facultad de Informática 2000-2001*. Universidad del País Vasco. San Sebastián.
- [3] C. Reeves. *Modern heuristic techniques for combinatorial optimization*. Blackwell scientific publications, 1993.
- [4] C. Papadimitriou y K. Steiglitz. *Combinatorial optimization: Algorithms and complexity*. Prentice-Hall, 1982.
- [5] M. Scriven. *The methodology of evaluation*. En Perspectives of curriculum evaluation. American Educational Research Association Monographs Series on Evaluation. R.E. Stake (ed). Chicago Rand McNally. 1957.

