

Un Proyecto de Innovación Educativa para la enseñanza de Estadística en la Escuela Universitaria de Informática

R. Alcover, R. Romero, L. Zúnica, C. Capilla, A. Ferrer
Departamento de Estadística e I. Operativa
Universidad Politécnica de Valencia

Resumen

Ante la necesidad de plantear un análisis de los aspectos deficitarios de nuestro sistema educativo, un grupo de profesores, altamente motivados, de la Universidad Politécnica de Valencia, está llevando a cabo un Proyecto de Innovación Educativa para la enseñanza de la Estadística en la Escuela Universitaria de Informática. Este Proyecto supone, entre otros, un profundo proceso de renovación metodológica y organizacional de la docencia.

1 Introducción

A finales de 1988 la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) propuso un ambicioso Proyecto de Innovación Educativa (PIE) contando con un fuerte apoyo por parte del equipo rectoral. De esta forma se inicia una etapa de profundos análisis y debates sobre la problemática docente en nuestra universidad.

La conclusión a esta fase de diagnóstico muestra que los resultados son poco satisfactorios por varias razones: enseñanza excesivamente teórica, basada en la lección magistral, altamente desmotivadora para estudiantes de carreras técnicas, no se propicia el trabajo creativo y de autoformación del alumno, muchas asignaturas presentan programas sobredimensionados obligando a los alumnos a adoptar estrategias de selección, elevado número de suspensos.....

En este marco, el PIE inicia un proceso de renovación metodológica y organizacional de la docencia. Así, frente a una formación de carácter esencialmente teoricista y enciclopédica, se propugna desde el PIE una formación orientada hacia el "saber hacer", que requiere una fuerte dosis de experimentalidad implicando una metodología de enseñanza-aprendizaje activa, dialéctica, práctica y crítica.

Las conclusiones obtenidas en esta fase fueron aprobadas en Junta de Gobierno, y se acordó proporcionar respaldo técnico y económico a los Proyectos de Innovación propuestos por el profesorado. La primera convocatoria de proyectos PIE se planteó para el curso 89/90.

En este contexto, durante el curso 90/91, se propone un Proyecto de Innovación Docente (PID) para la enseñanza de la Estadística (Plan viejo) en 4º curso de la Facultad de Informática, en la UPV. Posteriormente, tras la aprobación de las nuevas titulaciones de Ingeniero Técnico en Informática de Gestión (ITIG) y de Sistemas (ITIS), durante el curso 93/94 el PID se adopta en las dos asignaturas de Estadística en la Escuela Universitaria de Informática (EUI). El nuevo enfoque de las dos asignaturas ha supuesto una profunda reorganización, tanto de contenidos como de metodología docente, considerando además otros aspectos como el elevado número de alumnos que actualmente se encuentran inmersos en el proyecto (alrededor de 1600 alumnos en Informática)

2 Fundamentos

La reestructuración metodológica y de contenidos necesaria para poner en marcha este proyecto, se ha realizado sobre las asignaturas: Estadística I (ESI) y Estadística II (ESII). Ambas asignaturas, con 6 créditos cada una, se imparten en las titulaciones de ITIG y ITIS. La reorganización de estas asignaturas y de su docencia se ha basado en los siguientes principios:

- 1) Lo importante no es lo que se enseña, sino lo que aprenden la mayor parte de los alumnos. El proceso de enseñanza-aprendizaje debe centrarse más en el alumno que en el profesor.
- 2) Lo que un alumno aprende tiene poco que ver con lo que reproduce, de forma más o menos

memorística, en un examen realizado tras unos pocos días dedicados al estudio intensivo de la asignatura. El aprendizaje útil implica aquellos conocimientos que diez años después, el alumno está motivado y capacitado para aplicar en el ejercicio de su profesión. Este es el aprendizaje que proporciona beneficios a nuestra sociedad, que es la que financia el proceso educativo.

- 3) El conocimiento tecnológico se adquiere fundamentalmente haciendo y viendo hacer. El aprendizaje es básicamente una labor personal de la que es el alumno, y no el profesor el protagonista activo. El profesor es sobre todo un generador de recursos y de situaciones de aprendizaje, pero es el alumno el que aprende, esto exige su participación activa en todas las fases del proceso, y en particular en las clases.
- 4) Tan importante como enseñar conocimientos concretos es despertar en el alumno una motivación positiva hacia los métodos estadísticos. Esta motivación sólo puede surgir del conocimiento de que constituyen herramientas valiosísimas para el análisis y la toma de decisiones en su futuro profesional.
- 5) Resulta indispensable integrar en el proceso de enseñanza el conocimiento y manejo habitual de software adecuado, pues el análisis de problemas reales o realistas exige de forma ineludible la utilización de recursos informáticos, mas aún cuando la enseñanza está orientada a futuros informáticos.

3 Objetivos

Los objetivos de un proyecto educativo pueden definirse como el conjunto de metas, aprendizajes, cambios estables en la conducta y conocimientos que se persiguen del aprendiz. Por tanto, la formulación de objetivos es un aspecto fundamental en cualquier programa educativo puesto que condiciona tanto el método de enseñanza como el sistema de evaluación. Los objetivos deben ser formulados explícitamente, pues de lo contrario sería imposible cuestionarlos, evaluar su adecuación a la realidad y medios disponibles, y en último término, no permitiría un proceso de mejora en la calidad de la enseñanza.

Para la elaboración de los objetivos generales del PIE de Estadística se han tomado en consideración

diferentes recomendaciones, como las de la American Statistical Association, ASA, (Hogg et al., 1985) y de la Association for Computing Machinery (ACM), así como de diferentes autores Anderson y Loynes (1987), y Peña, Prat y Romero (1990). Teniendo en cuenta todo lo anterior, los objetivos generales son los siguientes:

- Crear en el estudiante una actitud positiva hacia los métodos estadísticos. Si bien los conocimientos básicos son importantes, consideramos crucial transmitir al alumno el papel que estos métodos pueden jugar en el análisis de información y toma de decisiones en el contexto de su futuro profesional. Obviamente, la única forma de alcanzar este objetivo va a ser planteando y resolviendo problemas reales que puedan tener interés para ellos.
- Conseguir que el alumno entienda la aplicación de la Estadística no como finalidad de una investigación, sino como medio para llevarla a cabo. Este segundo objetivo está relacionado con el anterior, puesto que al motivar al alumno en la resolución de problemas reales, necesariamente deberá entender el método científico, es decir, su carácter iterativo entre los dos tipos de razonamiento deductivo e inductivo.
- El alumno deberá conocer también los fundamentos teóricos de todos los métodos que se le enseñen, ya que como futuro ingeniero debe ser capaz de buscar soluciones nuevas y esto se consigue si comprende el uso de abstracciones. Conlleva haber superado los niveles de conocimiento y comprensión, y además ser capaz de identificar principios generales a partir de conceptos aislados.
- Desarrollar en el alumno la capacidad de análisis crítico y de realizar juicios a cerca del valor de los procedimientos o contenidos.
- Se pretende también que el estudiante sea capaz de comunicar eficazmente, tanto en forma oral como escrita, sus conocimientos o las conclusiones de un análisis estadístico, a no expertos en la materia.
- Conseguir la participación activa del alumno en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto implica reducir el tiempo dedicado a las clases magistrales y aumentar el correspondiente a trabajo personal y discusión. Consideramos

especialmente importante desarrollar la capacidad de trabajo en grupo, ya que es lo que actualmente demanda cualquier empresa u organización: profesionales capaces de integrarse en un equipo para abordar el desarrollo de proyectos o la resolución de problemas (Garfield, 1993).

El alumno debe aprender a utilizar material informático de apoyo a los métodos estadísticos aplicados. El recurso a programas estadísticos es imprescindible, tanto en la fase de estimación, como en la de validación de la mayoría de los modelos estadísticos avanzados. En nuestra opinión, no es concebible la enseñanza de la Estadística a futuros ingenieros sin el apoyo de material informático.

4 Contenidos

A la hora de plantearnos los contenidos de las dos asignaturas de Estadística, pensamos que todo ingeniero necesita un buen conocimiento a nivel operativo de las técnicas de Regresión Múltiple, Análisis de la Varianza y Diseño de Experimentos. La experiencia personal de nuestro equipo de trabajo basada en varios años de formación y consultoría en numerosas empresas así lo ha mostrado.

En la elaboración del programa se han tenido también en cuenta recomendaciones que, en los últimos años han surgido respecto a la enseñanza de la Estadística en Ingeniería Informática, y que reflejan la creciente importancia de los métodos estadísticos en la resolución de problemas reales. En este sentido, una de las referencias clásicas es el Computing Curricula 1991, elaborado conjuntamente por la ACM y el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). En ella se menciona como materias importantes para los estudiantes de Informática: Probabilidad, Distribuciones, herramientas estadísticas para análisis e interpretación de datos, Inferencia y Diseño de Experimentos.

También la ASA, a finales de los ochenta, propuso unas directrices generales para la docencia de Estadística en Ingeniería. En este sentido y como fruto de una serie de conferencias sobre la enseñanza de Estadística, se diseñó un "currículum básico" para los cursos de Estadística en Ingeniería. En él se incluyeron los siguientes bloques temáticos: Estadística Descriptiva, Probabilidad, Inferencia Estadística, Diseño de Experimentos, Modelos de Regresión, Otros

(Control de Calidad, Fiabilidad, Análisis Multivariante..). La tabla 1 muestra la importancia relativa de los diferentes métodos estadísticos incluidos en nuestro programa, comparándolo con la propuesta de la ASA.

En la tabla se observa el paralelismo entre los contenidos propuestos por la ASA y los impartidos en nuestro programa. Basicamente las diferencias corresponden a los bloques de Procesos Estocásticos, Fiabilidad y Control de Calidad. Consideramos muy importante hacer una introducción a los Procesos Estocásticos en una Ingeniería Informática. Se trata de una materia de gran aplicación en este campo y que además servirá de apoyo a otras asignaturas del currículum. Por otra parte, Fiabilidad y Control de Calidad corresponden a dos asignaturas optativas, por lo que explícitamente no se ha incluido como materia en las asignaturas troncales.

Materia	UPV	ASA
Estadística Descriptiva	15.4	10
Probabilidad	15.4	17.5
Procesos Estocásticos	15.4	0
Inferencia Estadística	15.4	17.5
Diseño de Experimentos	30.8	25
Modelos de Regresión	7.6	10
Fiabilidad	0	10
Control de Calidad	0	10

Tabla 1: Importancia relativa (porcentaje de tiempo asignado) de cada uno de los bloques temáticos de las asignaturas.

UPV: Universidad Politécnica de Valencia
ASA: American Statistical Association

Los bloques que abarca la asignatura ESI troncal en ITIG, ITIS e Ingeniería Informática (II) son: Estadística Descriptiva, Probabilidad y Modelos de Distribución y Procesos Estocásticos. La asignatura ESII, troncal en la titulación de ITIG y optativa en ITIS, comprende: Inferencia, Diseño de experimentos y Modelos de Regresión. Esta última asignatura aparece como obligatoria de universidad en la titulación de Ingeniero Informático.

La antigua asignatura de Estadística se ha reorientado

para centrarse en las técnicas de Análisis de la Varianza, Regresión Múltiple y Diseño de Experimentos. Esto, junto a la limitación de tiempo, ha implicado que los conceptos generales de Cálculo de Probabilidades e Inferencia Estadística se den sólo si resultan necesarios, y sólo al nivel que resulte necesario para el manejo de las técnicas antes mencionadas. Muchos de estos conceptos, como por ejemplo los de riesgo de 1ª y 2ª especie o el de intervalo de confianza, se introducen sólo en el momento en que resultan indispensables en el desarrollo de dichos modelos.

A pesar de la limitación de tiempo, incluimos en nuestros cursos tópicos avanzados como el uso de contrastes ortogonales en los modelos de Análisis de la Varianza, uso de variables "dummy" en Regresión Múltiple o los Diseños Ortogonales de Taguchi utilizados en la industria. Estos temas muy demandados por parte de la industria, muy pocas veces son impartidos por la universidad española.

5 Metodología docente

Entendemos por metodología docente el conjunto de decisiones, actividades y medios que se organizan sistemáticamente para facilitar el aprendizaje y conseguir los objetivos propuestos.

La metodología docente que seguimos en las asignaturas de Estadística está en sintonía con las directrices marcadas por el PIE. Cabe destacar que se pretende reforzar el carácter práctico de la signatura, desarrollando los diferentes métodos y modelos a partir del estudio de problemas reales y otorgando a las prácticas en el aula informática un papel crucial. Se han reducido las exposiciones de tipo magistral con el fin de aumentar las actividades de estudio dirigido y, sobre todo, la realización de trabajos prácticos.

Desde el punto de vista organizativo, el programa de ESI y ESII se ha estructurado en Unidades Temáticas. Cada una de ellas contiene el conjunto de conocimientos a desarrollar durante una o dos semanas.

Las asignaturas ESI y ESII suponen una carga lectiva de 4.5 horas semanales para el alumno. Siempre que sea posible se intentará agrupar estas horas en una sola mañana o tarde, de manera que el alumno centre toda su atención en la Estadística. Además este horario permite optimizar los recursos disponibles en el aula

informática, que es compartida por múltiples grupos: 10 grupos de ESI y 6 grupos de ESII, procedentes solamente de la EUI. También este horario facilita la organización docente. Los módulos semanales de 4.5 horas se estructuran en tres tipos de sesiones:

Primera sesión (sesión de aula, 2 horas): Fundamentos y Autoestudio dirigido de los alumnos. El profesor desarrolla las ideas básicas de la unidad temática correspondiente, disponible con antelación para los alumnos. Los conceptos en cada tema se introducen a partir del estudio de un caso real concreto, o al menos realista, relacionado con algún problema del campo informático o procedente de la experiencia del propio profesor, con la finalidad de despertar la necesidad de la herramienta antes de su explicación y posterior justificación. En la exposición se procura promover la participación de los alumnos mediante la formulación de preguntas, el planteamiento de interrogantes, el comentario de anécdotas....Es muy importante en esta sesión imprimir un ritmo adecuado de las explicaciones para evitar que el alumno adopte una postura pasiva.

Consideramos sumamente importante trabajar con datos reales contextualizados en problemas reales interesantes y relevantes, con el fin de crear una actitud positiva en los alumnos que facilita el aprendizaje de lo que se enseña. En este sentido, el primer día de clase se pasa una encuesta a los alumnos. Ellos mismos durante la primera sesión de prácticas introducen las respuestas de la encuesta en el ordenador. Así para poder introducir los primeros conceptos estadísticos, se dispone de un conjunto de datos que les son familiares. Autores como Joiner (1986) o Snee (1993) apuntan que es importante huir de datos meramente simulados, desarraigados de cualquier problemática real. Es muy interesante comentar al alumno todos aquellos aspectos que envuelven el problema y las dificultades que pueden aparecer en la aplicación de las técnicas estadísticas. Por ejemplo la parte más difícil de un diseño de experimentos no es el análisis de datos, sino la realización física del mismo y los problemas teóricos y prácticos que pueden aparecer.

Aproximadamente la segunda hora de esta primera sesión se dedica al autoestudio dirigido los alumnos, bajo la supervisión del profesor. Los alumnos, organizados en grupos de dos o tres personas, estudian en el aula la unidad temática centrándose de forma especial en la resolución de los diferentes ejercicios de autoevaluación propuestos en el material autoinstructivo. El profesor dirige esta etapa aclarando

dudas y planteando cuestiones destinadas a fomentar la creatividad y el espíritu crítico de los alumnos. De esta forma se consigue suprimir la posible pasividad del estudiante, que es un problema frecuentemente asociado a la docencia en el aula, especialmente durante la exposición de conceptos teóricos. En esta parte se pretende que el alumno aprenda activamente a través del descubrimiento personal y de la interacción con otros compañeros. Este aprendizaje experiencial se refuerza en la sesión de prácticas comentada posteriormente.

Segunda sesión (sesión de aula, 1 hora): Esta sesión se dedica íntegramente a la resolución de casos prácticos similares al abordado al inicio de la sesión anterior para exponer los conceptos básicos de la unidad temática. El profesor en el aula con la ayuda de un ordenador portátil con pantalla de cristal líquido para retroproyección, analiza estos casos prácticos utilizando software estadístico: STATGRAPHICS y QSB+. Se intercambian opiniones con los alumnos sobre la problemática planteada, los datos analizados, las técnicas utilizadas, los resultados obtenidos y algo muy importante, las conclusiones obtenidas del análisis y la toma de decisiones, si procede.

La utilización de ordenador junto con software interactivo es de gran efectividad en el aula, puesto que permite abordar con facilidad análisis completos, transmitiendo de este modo el método estadístico de forma clara y sencilla. Además, su utilización es imprescindible en procedimientos como Regresión o Análisis de Residuos, que resultarían sumamente abstractos sin este apoyo. Por otra parte contribuye a captar la atención y el interés de los alumnos, en general se sienten más motivados, sobre todo si se trata de alumnos de Informática

Tercera sesión (sesión de aula informática, 1.5 horas): Los alumnos agrupados en equipos de tres personas y utilizando ordenador, abordan una serie de ejercicios similares a los realizados en clase. En esta sesión se pretende reforzar la capacidad de análisis, interpretación de los resultados y síntesis en un lenguaje no estadístico, así como a desarrollar la capacidad de trabajo en grupo, actividad demandada actualmente por las empresas y organizaciones. Los últimos veinte o treinta minutos de esta sesión se dedican a la evaluación de la unidad temática mediante la realización de un breve trabajo que se propone a cada grupo y que se entrega para su corrección por parte del profesor. Estos ejercicios son puntuados y configuran la nota de prácticas del alumno, la cual, sumada a la nota del examen proporciona la nota final

de cada estudiante.

El primer día de clase los alumnos se organizan en equipos de tres personas para la realización de los trabajos prácticos que se planteen. La sesión de prácticas se organiza frecuentemente en dos turnos, pues el aula informática de nuestro departamento, que es la que suele utilizarse, dispone de 23 puestos de trabajo. En estos casos los dos subgrupos acuden al laboratorio en horas consecutivas.

6 Resultados

En general los resultados de esta experiencia están siendo satisfactorios, aunque siempre existen aspectos susceptibles de mejora. Sería deseable trabajar con grupos menos numerosos, lo que ayudaría a incrementar el grado de participación del alumno y a clases más interactivas. Además la atención individualizada al alumno también se vería incrementada. Con grupos más reducidos también podría plantearse la posibilidad de realizar un proyecto, por parte de los alumnos, que podría consistir en el diseño, análisis e interpretación de los resultados de un experimento. En esta línea se sitúan las recomendaciones de diversos autores. En la actualidad, manejando grupos de media de 120 alumnos (algunos con 140 alumnos) nos resulta imposible dirigir la realización de estos proyectos.

Otro aspecto a tener en cuenta es que la asignatura de Estadística en el plan de estudios anterior (Licenciado en Informática) se impartía en 4º curso de carrera, por lo que el alumno que la cursaba tenía un alto grado de madurez. Con los nuevos planes de estudios y la creación de las titulaciones ITIG, ITIS las dos asignaturas de Estadística se imparten entre primer y segundo curso. Por tanto, los alumnos que la cursan son bastante más jóvenes, tienen una menor preparación, menos experiencia y les cuesta más entender y asimilar los conceptos. También la forma de expresarse en los trabajos prácticos, evaluaciones... es menos cuidada. En general, el universitario novel sufre un choque bastante duro, puesto que su capacidad de razonamiento abstracto apenas se ha desarrollado, y debe cursar asignaturas donde ésto va a ser fundamental, tanto por la complejidad de sus contenidos como por el nivel que se exige. Esto último es especialmente cierto en el caso de la Estadística, que además requiere un cierto nivel de madurez y capacidad de análisis crítico que permita su utilización adecuada en la toma de decisiones y en la resolución de

problemas, que muchas veces se plantean en un contexto multidisciplinar.

En cuanto al alumnado, la mayoría de los estudiantes proceden del Curso de Orientación Universitaria (COU), y los programas de las asignaturas del área de Matemáticas (Matemática Discreta, Análisis Matemático I, Álgebra) incluyen con mayor rigor y profundidad partes amplias que ya conocen. Sin embargo, aproximadamente un tercio de la matrícula del primer curso de carrera puede llegar a ser cubierto por estudiantes procedentes de Formación Profesional (FP) de segundo grado, que en algún caso no han recibido en su formación pre-universitaria, enseñanza en herramientas matemáticas como, por ejemplo, cálculo integral o matricial. No obstante estos alumnos presentan, en general, un mayor nivel de motivación, interés y esfuerzo. Esto último es muy importante puesto que el éxito de este sistema de enseñanza es altamente dependiente del alumnado.

Por otra parte, el programa de las asignaturas mejorará si se sigue estableciendo un mayor número de conexiones con los contenidos de otras materias del currículum del futuro ingeniero, ésto supone mantener un diálogo constante con el profesorado del Centro así como promover la colaboración de nuestro departamento con el resto de departamentos implicados.

Finalmente pensamos que sería necesario constituir un Circulo de Calidad con los profesores implicados en el Proyecto, junto con algunos alumnos interesados y poder evaluar la marcha del PIE, mejorando aquellos aspectos que lo requieran "a priori". De esta forma detectaríamos más rápidamente los posibles problemas sin necesidad de esperar al próximo curso académico, cuando nos entregan las encuestas de profesorado y ya no pueden resolverse dichos problemas puesto que corresponden a los alumnos del curso anterior.

7 Referencias

- Anderson, C.W. y Loynes, R.M. (1987). *The Teaching of Practical Statistics*. Wiley & Sons.
- ASA (1980). Preparing Statisticians for Careers in Industry. *The American Statistician*, 34, 65-75.
- Garfield, J. (1993). Teaching Statistics Using Small-

Group Cooperative Learning. *Journal of Statistics Education*, 1.

- Hogg, R. (1985). Statistical Education for Engineers: An Initial Task Force Report. *The American Statistician*, 39, 168-175.
- Joiner, B.L. (1986). Transformation of the American Style of Teaching. *Report 10, Center for Quality and Productivity Improvement*, (University of Madison WI), 30-33.
- Peña, D., Prat, A. y Romero, R. (1990). La enseñanza de la Estadística en las Escuelas Técnicas. *Estadística Española*, 32, 147-200.
- Snee, R.D. (1993). What's Missing in Statistical Education?. *The American Statistician*, 47, 2, 149-153.