

Documento de Trabajo 99-15
Serie de Estadística y Econometría 01
Octubre 1999

Departamento de Estadística y Econometría
Universidad Carlos III de Madrid
Calle Madrid, 126
28903 Getafe (Spain)
Fax (34-91) 624-9849

LA ENSEÑANZA DE ESTADÍSTICA EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES.

Felipe Miguel Aparicio Acosta.*

Resumen

En los últimos años se ha dado un espectacular incremento en la preocupación social por los problemas relacionados con la calidad de los servicios, y en particular, de la enseñanza universitaria. La calidad docente puede entenderse como un objetivo a conseguir en tres etapas realimentadas: la confección del programa de la asignatura, la adopción de un enfoque metodológico y la evaluación de los resultados. La enseñanza de la Estadística en las escuelas de ingeniería plantea problemas comunes y algunos específicos de cada titulación. En este artículo se proponen pautas para la mejora de la calidad docente en la Estadística que se imparte en el primer ciclo de la titulación de Ingeniería de Telecomunicaciones.

Palabras clave: Estadística; ingeniería de telecomunicaciones; docencia; programas; mejora de la calidad; aprendizaje activo y progresivo; evaluaciones.

*Departamento de Estadística y Econometría, Universidad Carlos III de Madrid, C/ Madrid 126, 28903 Getafe (Madrid), España, e-mail: aparicio@est-econ.uc3m.es. Tfno: 91-6249871. Agradezco a Daniel Peña por sus valiosos comentarios y aclaraciones sobre este trabajo.



En los estudios de ingeniería, la Estadística puede entenderse como el conjunto de métodos y herramientas que han de permitir al ingeniero diseñar sus experimentos y a contrastar sus intuiciones o teorías acerca de la realidad. Los numerosos campos de aplicación de la Estadística a las ciencias sociales y experimentales, y a la vida cotidiana justifican sobradamente su existencia como disciplina aparte, si bien estrechamente ligada a otras.

Tradicionalmente, la enseñanza de las asignaturas relacionadas con la Estadística ha estado dominada por una fuerte componente formal. Primero se procedía a mostrar los fundamentos matemáticos y a continuación se discutían algunas aplicaciones. Desgraciadamente, con demasiada frecuencia los cursos de Estadística son recordados por nuestros estudiantes como los más inútiles y difíciles de entender. Como indica Peña (1992), esta dificultad relativa puede deberse al espectacular desarrollo experimentado por la metodología estadística a lo largo del presente siglo, en contraste con otras disciplinas cuyo período de gestación fué considerablemente más largo. La aparición de las nuevas tecnologías de la información junto a la cada vez mayor disponibilidad de grandes bancos de datos para su análisis ha posibilitado un importante cambio en la forma de concebir la enseñanza de la Estadística. En 1990, Box escribe: "Statistics is, or should be, about scientific investigation and how to do it better, but many statisticians believe it is a branch of mathematics Now I agree that the physicist, the chemist, the engineer, and the statistician can never know too much mathematics, but their objectives should be better physics, better chemistry, better engineering, and in the case of statistics, better scientific investigation. Whether in any study this implies more or less mathematics is incidental ...". Berry (1997) escribe algo parecido: "... the process of science is statistics ...". Otro autor, Stuart (1995), reconoce a la estadística como una disciplina distinta aunque dependiente de las matemáticas y defiende un nuevo enfoque para su enseñanza que promueva un estilo de pensamiento "propriadamente estadístico", es decir, no gobernado por consideraciones matemáticas. La necesidad de acercar la enseñanza de la Estadística a la realidad es aún mayor en la medida en que nuestra sociedad reclama cada vez más especialistas en la obtención, análisis y procesamiento de datos.

La utilización de las nuevas tecnologías de la información para acercar a los estudiantes al mundo real (datos) permite, cuando menos, paliar dos de los problemas más habituales planteados por éstos: a) la dificultad conceptual de la asignatura, y b) su escasez de contenido práctico. Como todos sabemos, el rigor y distanciamiento de la realidad a veces requerido por las asignaturas con mayor carácter formal es una de las causas mayores de frustración y abandono entre los estudiantes en todos los niveles educativos. Un estudio realizado entre estudiantes suizos al acabar la enseñanza secundaria (Lema, 1995) refleja bien la ubicuidad de este problema. Higgins (1999) hace un alegato en favor de la estadística no matemática como medio de atraer un porcentaje de los estudiantes que actualmente se decantan por otro tipo de estudios.

Algunos autores (véase p.e. Peña, 1992; Peña, 1995; Marasinghe et al., 1996; Albert, 1997; Loosen, 1997) nos recuerdan los grandes logros conseguidos en este sentido. Uno de ellos ha sido la posibilidad de recurrir a la simulación para ilustrar mediante el método de Montecarlo algunos de los conceptos más importantes de un curso de Estadística, como son el comportamiento asintótico de las frecuencias relativas y la definición frecuencial de probabilidad, el teorema de Bayes, la generación de variables aleatorias y realizaciones de procesos, el teorema central del límite y la importancia de la distribución Normal, la evaluación del efecto de las transformaciones sobre la distribución de una variable, las distribuciones muestrales de los estimadores, la comparación de estimadores y la de contrastes, etc. No menos importante ha sido el fácil acceso a grandes bases de datos y las posibilidades que brindan los actuales paquetes estadísticos de llevar a cabo complejos análisis exploratorios de estos datos. A esto hay que añadir el uso cada vez más extendido de entornos gráficos interactivos y dinámicos que permiten al alumno estudiar con facilidad el efecto de los cambios en los parámetros de un modelo.

En general, las tecnologías de la información han acelerado el avance hacia un enfoque constructivista en la enseñanza de la Estadística. En efecto, hoy en día existe una demarcada tendencia a entender el aprendizaje de la Estadística como una labor personal del alumno, en la que éste es considerado el protagonista, o al menos un participante activo (véase por ejemplo, Peña et al., 1990; Peña, 1992; Garfield, 1995; Moore et al., 1995; Marasinghe et al., 1996).

A pesar de estos cambios de mentalidad, la clase de Estadística sigue siendo en la gran mayoría de los casos eminentemente magistral. La eficacia de ésta para transmitir información a un gran número de alumnos, la incertidumbre en cuanto a los resultados con métodos alternativos, la falta de incentivos para el cambio y una gran inercia cultural son razones suficientes para creer que la clase magistral siga protagonizando la educación universitaria en los albores del siglo XXI. De ahí la importancia de tener en cuenta aquéllos factores que pueden ayudar a mejorarla en su cometido, a saber, la exposición de un tema relevante de la asignatura, de forma comprensible y estimulante para el alumno. Nuestra experiencia, corroborada por la de otros docentes e investigadores (p.e. Birch, 1995; Brown y Atkins, 1997; Garfield, 1995; Hagler y Marcy, 1999), sugiere una serie de elementos coadyuvantes del cometido de una clase magistral de Estadística especialmente dirigida a alumnos de ingenierías. Algunos de estos elementos son de validez general (para cualquier disciplina), mientras que otros son específicos del caso que nos concierne. Estos elementos son:

- 1) Buena experiencia y conocimientos por parte del docente en la materia que ha de impartir.
- 2) La formulación clara de los objetivos del curso en cuanto a aptitudes y conocimientos.
- 3) La introducción de cada tema mediante la discusión de un problema real cuya resolución requiere nuevas herramientas o métodos.
- 4) La coherencia y claridad en la exposición de los temas, enfatizando los conceptos y puntos clave y relacionándolos entre sí.

- 5) La discusión de la teoría haciendo énfasis sobre los aspectos prácticos y de aplicación de las distintas metodologías y técnicas, y evitando en la medida de lo posible las demostraciones de los teoremas y demás resultados matemáticos.
- 6) La inserción de redundancia en el flujo natural del discurso, de manera a presentar los conceptos difíciles bajo distintas formas y en distintos momentos.
- 7) El acompañamiento del inicio de las clases de un breve resumen que sirva para establecer relaciones con la información presentada en clases anteriores, así como para introducir la estructura y contenido de la nueva clase.
- 8) El resumen de los conceptos y puntos importantes de la exposición al finalizar la clase, y el anuncio de los conceptos relacionados que se habrán de explicar en clases posteriores.
- 9) La estructuración de la exposición a base de esquemas y diagramas de flujo que faciliten la retención de la información.
- 10) El uso abundante de ejemplos y analogías vinculados al perfil vocacional de los alumnos y presentados secuencialmente por orden de importancia.
- 11) La interpretación a nivel conceptual de la notación, alejando en la medida de lo posible la atención del estudiante de los pormenores técnicos.
- 12) La participación de los estudiantes en clase por medio de preguntas y debates.
- 13) La educación de la voz del docente para que su exposición resulte audible y su tono sea el adecuado.
- 14) La adaptación de su velocidad de transmisión o cadencia informativa al ritmo de asimilación de los estudiantes, con pausas que les permita hacer las anotaciones necesarias.
- 15) Un buen control del tiempo de la exposición, no haciendo de la exhaustividad un objetivo, y respetando las pausas de descanso de los alumnos tras 45 minutos de clase ininterrumpida, aproximadamente.
- 16) El cuidado de la expresividad del docente. El entusiasmo, el sentido del humor, la amabilidad y el carisma promueven en gran medida el interés y la atención de los alumnos.
- 17) La introducción de variedad en los soportes y métodos didácticos utilizados.
- 18) La observación y consideración de las reacciones de los alumnos en todo momento.

Quizás convenga aclarar algunos de estos puntos. En primer lugar, la formulación de los objetivos en cuanto a aptitudes ha de entenderse como uno de los aspectos más importantes del diseño de un curso, ya que de él dependerán tanto la elección de los medios didácticos como la metodología docente y las formas de evaluación más adecuadas.

Un curso de *Estadística* dirigido a estudiantes de segundo año de la titulación “Ingeniería de Telecomunicaciones” debería permitir a los alumnos ser capaces de:

- a) Admitir que la incertidumbre es un elemento muy frecuente en la ingeniería de telecomunicaciones.
- b) Entender que la Estadística carece de poder probatorio, que existe una diferencia entre causalidad y correlación, y que sin embargo, la Estadística puede servir para

descartar hipótesis y sugerir que ciertos fenómenos puedan ocurrir con mayor “preferencia” que otros (abusando del lenguaje, podríamos decir que la Naturaleza “prefiere” los fenómenos más probables).

- c) Definir poblaciones susceptibles de ser estudiadas a partir de una muestra.
- d) Realizar un análisis exploratorio a partir de una muestra o dos muestras y plantear un modelo realista para la distribución poblacional de origen (y en su caso, de la relación entre las variables correspondientes).
- e) Tomar decisiones en base a la evidencia estadística encontrada en un conjunto de datos.
- f) Manejar los procedimientos anteriores en un PC, así como interpretar correctamente la información que facilita éste.
- g) Interpretar correctamente los resultados de un análisis estadístico y derivar consecuencias prácticas.
- h) Redactar un informe en estilo científico, en el que se presenten estructuradamente la forma de proceder y las conclusiones de sus trabajos.

Otro aspecto a resaltar es la importancia de establecer una buena comunicación entre profesor y alumno. Lamentablemente, la clase magistral típica no parece prestarse mucho a ello, al poner claramente en relieve la diferencia de poder, dominio o autoridad (ya sea académico o social) entre el alumno y el profesor. En muchos casos, la manifiesta posición dominante de éste último lleva al alumno a buscar refugio en el hermetismo del grupo, a veces poco participativo e incluso hostil a la figura del docente, y contra el que éste poco o nada puede hacer (es relativamente fácil solicitar la colaboración y el esfuerzo de un alumno, pero no ocurre así con la de todo un grupo). Podríamos imaginar dos formas de solucionar este problema. La primera consistiría en escindir el grupo promoviendo una enseñanza más personalizada. Ésta sería una tendencia factible en el futuro si el material didáctico acaba transmitiéndose a los alumnos a través de la red, y los contactos entre profesor y alumnos se realizan en forma de entrevistas individuales programadas a lo largo del curso. Cabría esperar que entonces la relación profesor-alumno fuera más directa y auténtica, y no sufriera las distorsiones inducidas por el grupo. Sin embargo, a corto plazo, parece que la tendencia sea la de exigir nuevas competencias al profesorado. De esta forma, el éxito del docente universitario pasa a depender no sólo de su experiencia y dominio de la materia que enseña, sino también y muy especialmente de sus conocimientos en pedagogía, de su entrenamiento en la dinámica de grupos, de su capacidad para la comedia, de su carisma y don de gentes, y en definitiva, de su talento comercial en la venta de una mercancía: la asignatura que ha de impartir. Desgraciadamente, la universidad española no se hace cargo aún de formar al personal docente para el desarrollo de estas habilidades.

Otro punto importante en la mejora de la clase magistral es la necesidad de introducir variedad metodológica en la enseñanza. Es un hecho comprobado que la clase magistral tradicional suele inducir a un declive en la atención de los alumnos al cabo de los primeros 20 minutos de clase, aproximadamente. Este declive sería quizás menos notorio si introduyéramos cierta variedad tanto en los soportes como en los métodos didácticos. Como afirman Brown y Atkins (1997): “... any change of activity is likely to renew attention ...”.

Así por ejemplo, en lo que se refiere al soporte didáctico, el recurso ocasional a las transparencias puede amenizar la exposición y contribuir positivamente a la claridad y al orden de la presentación en grupos reducidos. Es deseable que éstas estén disponibles antes del comienzo de las clases, de forma que los estudiantes puedan despreocuparse hasta cierto punto de tomar notas, y concentrando así su atención en la exposición. Su contenido deberá estar bien estructurado, pudiendo incluir además de texto, gráficos, figuras, esquemas y resultados de programas de ordenador. Por otro lado, ha de ser deliberadamente breve o incluso esquelético, de manera a no desincentivar la atención de los estudiantes en clase. La utilización de un portátil conectado a un cañón de vídeo garantiza muchas de las ventajas del método más habitual de las transparencias y puede permitir mejorar aún más la calidad de la presentación, posibilitando un mayor dinamismo e interactividad en la exposición teórica, y la introducción al manejo de programas informáticos y a las clases prácticas de ordenador. Hay que decir, no obstante, que la preparación de las clases con estos métodos también requiere mayores dosis de organización y trabajo previos que el estilo tradicional que recurre a la pizarra como único soporte de presentación. Finalmente, junto a las transparencias y las notas de clase, es aconsejable incitar a los alumnos a adquirir uno o varios libros de texto para consulta, y referirse frecuentemente al contenido de ellos en clase.

También convendría que permitiéramos a los alumnos trabajar en temas de interés propio, y fomentáramos las discusiones y la cooperación entre ellos. En efecto, es un hecho admitido por los expertos en psicología de la motivación que los trabajos repetitivos y, muy especialmente, la falta de autonomía en el trabajo generan desinterés (Adair, 1990). Existen distintas formas de enriquecer la clase magistral, incrementando su eficacia con un mayor grado de participación de los alumnos en su proceso de aprendizaje. Ya aludimos anteriormente a una de ellas, consistente en fomentar las discusiones y debates en clase. Otra forma consiste en la asignación de trabajos fuera del aula. Algunos autores (p.e. Catalano y Catalano, 1999; Hagler y Macy, 1999) sostienen que éstos son potencialmente los que más contribuyen al aprendizaje de los alumnos y que, en consecuencia, las clases deberían tener como objetivo primordial el diseño de experiencias de aprendizaje activo fuera de las aulas. Hoy en día, la disponibilidad casi general de ordenadores personales con buena potencia de cálculo por parte de los estudiantes, y la accesibilidad casi inmediata a grandes bases de datos, puede facilitar enormemente esta labor. El uso de flexibles paquetes estadísticos (p.e. Statgraphics, Matlab, Minitab, etc) junto al desarrollo de entornos gráficos interactivos y de módulos de aprendizaje "amigables" pueden ayudar a promover la experimentación en casa y a solidificar en la mente del estudiante los conceptos importantes explicados en clase.

Los trabajos fuera del aula suelen ser esencialmente de dos tipos: a) ejercicios para casa, y b) proyectos. Los primeros se utilizan a menudo para facilitar la asimilación de los conceptos explicados en clase, potenciar las destrezas algebraicas y el pensamiento convergente de los alumnos, e intentar asegurar cierta perseverancia en sus esfuerzos. Por su lado, los proyectos favorecen el desarrollo de la creatividad y del pensamiento divergente, así como la familiarización con el método científico. Muchos docentes estiman conveniente delegar en los proyectos una parte esencial del aprendizaje de la asignatura.

Así por ejemplo, Garfield (1995) recuerda que los estudiantes aprenden más si trabajan sobre problemas abiertos. Ledolter (1995) señala la importancia de los proyectos en los cursos de introducción a la Estadística y aconseja dejar a los estudiantes tanto el planteamiento del estudio a desarrollar en el proyecto como la tarea de buscar los datos adecuados para el mismo, ya que de otra forma, los alumnos pudieran acabar pensando que la Estadística comienza una vez que se dispone de datos. Peña (1992) subraya el papel de los proyectos a la hora de facilitar la unidad de los conocimientos adquiridos en clase y de generar una actitud positiva respecto a la utilidad de la Estadística. Es recomendable que el estudio realizado en el proyecto siga la secuencia lógica del método científico: *recogida y análisis descriptivo de datos* → *planteamiento y construcción del modelo* → *contraste de hipótesis y validación del modelo* → *aplicación*. Además, se debe solicitar a los alumnos que especifiquen sus objetivos y el interés práctico que puedan tener sus proyectos, los datos y la fuente de la que proceden, así como el procedimiento de recogida de los mismos, y por último, las conclusiones y extensiones posibles del trabajo junto a una lista con las referencias a otros trabajos en cuyos resultados se apoyó el estudio. Otra ventaja muy importante de los proyectos es que, al igual que los debates y discusiones en clase animados por el profesor, su redacción y exposición pueden ayudar al desarrollo de habilidades comunicativas.

La posibilidad de fomentar el aprendizaje activo entre nuestros estudiantes fuera de las aulas se ve obstaculizada, no obstante, por las reiteradas quejas de éstos sobre la falta de tiempo. Éste es un problema real que cada día será más acuciante dado el crecimiento exponencial del caudal de conocimientos, la interminable diferenciación de disciplinas y la multiplicación de aplicaciones. Ello provoca que los alumnos tengan serias dificultades en relacionar y, por tanto, en asimilar los contenidos impartidos en las distintas asignaturas que componen un curso. En concreto, los estudiantes de Ingeniería de Telecomunicaciones adolecen muchas veces de una falta de visión global de los objetivos y estructura de su carrera, provocada quizás por una multiplicidad de factores, entre los cuales podrían estar: la sobreabundancia de asignaturas relacionadas con las aplicaciones y la ausencia en los currículos de asignaturas “panorámicas” o de introducción a los estudios de la titulación; el desconocimiento de las asignaturas de otras áreas por parte de muchos profesores; la descoordinación entre los profesores que imparten asignaturas de distintas áreas. Afortunadamente, ya se están aportando soluciones a algunos de estos problemas en algunas universidades. Así por ejemplo, en la Universidad Carlos III de Madrid, en el segundo año de la titulación que nos concierne se imparte una asignatura de tipo “panorámico” (*Una Panorámica de las Telecomunicaciones*). Igualmente, la motivación de los estudiantes de Ingeniería de Telecomunicaciones por la Estadística sería mayor, y la percepción que tendrían del tiempo disponible para su estudio sería más optimista, si se les ayudara a ver las posibles interconexiones entre la Estadística y asignaturas de áreas distintas. Podría ser importante pues, que el profesor de Estadística estuviera familiarizado con estas otras asignaturas de la titulación.

Una manera económica en tiempo de relacionar la Estadística con otras disciplinas de la carrera es mediante la propuesta de proyectos de aplicación en áreas afines, como podría ser el área de Teoría de la Señal. Yu (1994) ofrece un ejemplo de este tipo de proyectos en el que se aplica la teoría de la estimación a un problema de reconstrucción de imágenes.

Otra forma de promover la participación activa consiste en el uso de cuestionarios en clase que faciliten el acercamiento de la Estadística a las experiencias de los alumnos. Como ilustran Dargahi-Noubary y Growney (1998) con un interesante ejemplo sobre el riesgo, en estos cuestionarios se formulan una serie de preguntas a los alumnos en las que se solicita sus opiniones sobre la manera de abordar ciertos problemas reales de interés común. Las preguntas, cuidadosamente escogidas y secuenciadas, encauzan las respuestas de los estudiantes guiándolas hasta una serie de métodos y herramientas conceptuales de cuya necesidad suelen acabar convencidos. A lo largo de este camino, pueden aflorar animadas discusiones sobre temas directamente vinculados a las experiencias de los alumnos que les muestra la relevancia práctica de la Estadística. No es difícil imaginar el alto grado de motivación que podría despertar entre nuestros estudiantes este método didáctico, en el que no sólo el alumno sino también el profesor disfruta de un papel más activo.

Un aspecto importante pero a veces desdeñado de las metodologías educativas lo constituye la evaluación. Novak (1996) afirmaba que las técnicas de evaluación suelen malograr lo que pudo haber sido un buen programa de instrucción, y que por tanto, la evaluación de un programa de enseñanza es tan importante como el diseño del mismo. De la misma forma que es conveniente introducir variedad en el método didáctico para así favorecer el desarrollo de distintos estilos de pensamiento en los alumnos, deberían también utilizarse conjuntamente diversas formas de evaluar los conocimientos adquiridos por medio de tales estilos. Para empezar, y siguiendo las recomendaciones del constructivismo, conviene que el docente conozca el sustrato de conocimientos compartido por los alumnos acerca de la materia que se propone impartir. Una serie de tests realizados durante las primeras clases del curso (como ya es habitual en la enseñanza de idiomas extranjeros) podría ayudar a tantearlo. Si comenzamos las clases partiendo de lo que los estudiantes ya saben, podremos contribuir no sólo a mejorar directamente la calidad de su aprendizaje, sino también a desarrollar su confianza en la asignatura, pues ello les llevaría a sobreentender la intención del profesor de no avanzar en el programa de la asignatura mientras no estuvieran suficientemente asentados una serie de conocimientos preliminares.

Según Novak, existe el peligro de que los estudiantes adapten rápidamente sus pautas de estudio a la obtención del "aprobado" en las pruebas finales, las cuales están encaminadas únicamente a determinar los conocimientos adquiridos por los alumnos al acabar el programa. El resultado que se observa a menudo es que los estudiantes no terminan de asimilar los conceptos clave de la asignatura o de incluirlos en el marco apropiado. Por esta razón, este autor propone que este tipo de evaluación al que califica de "acumulativo" se compagine con otro tipo de evaluación más frecuente cuyo objetivo sería la comprobación continua de los aciertos y deficiencias del programa, es decir, la distancia existente entre los objetivos didácticos iniciales y los conocimientos adquiridos por los estudiantes. Para ello, podría bastar con inspeccionar las notas de clase tomadas por algunos estudiantes elegidos

al azar y compararlas con los puntos fundamentales que se expusieron en esa clase. Igualmente, como sugieren Catalano y Catalano (1999), se podría recurrir a sondear el grado de satisfacción de los estudiantes con el nivel exigido tras realizar un control periódico de conocimientos. Las evaluaciones periódicas permiten tanto al docente como al alumno comprobar rápidamente si se están cumpliendo los objetivos del curso, dejando así, tanto a uno como a otro, la posibilidad de maniobrar a tiempo para mantener bajo límites la probabilidad de que los alumnos acumulen grandes lagunas de conocimientos a medida que se avanza en el temario. Por otro lado, favorecen el desarrollo de la confianza de los alumnos hacia la asignatura, al permitirles tener varios encuentros directos y no decisivos con su "rival". Garfield, en su artículo *How Students Learn Statistics*, señalaba: "... Students learn better if they receive consistent and helpful feedback on their performance ...". Por último, los controles periódicos también brindan ocasiones de reforzar la autoestima del alumno, en la medida en que es posible reconocer y valorar públicamente su trabajo y su progreso, pues como dice Adair: "... we are social animals and we thirst for the esteem of others. Without fairly regular payments by others into that deposit account it is hard to maintain the balance of our own self-esteem...".

Obviamente, la eficacia de tales controles puede ser pequeña si los alumnos carecen de incentivos a corto plazo para su preparación. Por ello, quizás sea conveniente también que los resultados de las evaluaciones periódicas se tuvieran en cuenta independientemente de los del examen o evaluación global. Sin embargo, no es fácil ponerse de acuerdo sobre el peso específico que debiera atribuirse a los resultados de las evaluaciones parciales. Éste depende no sólo de las apreciaciones subjetivas de cada profesor, sino de la organización del curso, de la adopción de métodos de evaluación complementarios y del tipo de disciplina que se imparte. No es infrecuente que se conceda a estos resultados un peso específico de alrededor de un 20% de la nota global (Magel, 1996; Chen, 1998).

Merece la pena también considerar dentro de este contexto las posibilidades y ventajas de la autoevaluación, ya sea grupal o individual. Una forma de autoevaluación grupal podría consistir, por ejemplo, en la comparación de las notas tomadas en clase entre los alumnos de un determinado grupo, o en la comparación de sus respuestas a un control de conocimientos. La autoevaluación individual es un caso particular de la anterior y podría ir desde el clásico contraste con las notas de clase o con los textos de las respuestas del alumno a un test, hasta el planteamiento y resolución de un problema por él mismo. La autoevaluación extiende el aprendizaje activo hasta sus últimos confines, es decir, la evaluación. Al igual que ocurre con los proyectos, la autoevaluación promueve la autonomía del estudiante, la cooperación y comunicación entre ellos y el aprendizaje constructivo o "significativo". Por otro lado, cabe esperar que en la medida en que se siga avanzando hacia un modelo de universidad virtual, las formas de autoevaluación cobren más importancia.

Respecto al tiempo que se debe conceder a los alumnos en las evaluaciones, debemos tener en cuenta que las limitaciones demasiado exigentes pueden llevar a sesgos en los resultados de las mismas, al distraer la atención del alumno y presionar sobre sus procesos cognitivos. Desde luego, si uno de los requisitos de un buen método educativo es el de adaptarse al

rítmo de aprendizaje y capacidades de los alumnos, y si consideramos a la evaluación como parte integral del proceso de aprendizaje activo, parece no tener mucho sentido que se haga del factor "tiempo" un elemento determinante del resultado en la misma.

Para incentivar aún más el aprendizaje activo y significativo, quizás sea aconsejable conceder un valor especial al trabajo fuera de las aulas. Citando de nuevo a Garfield (1995), "... students learn to value what they know will be assessed ...". Como ya se explicó, los trabajos fuera del aula que son susceptibles de ser evaluados son básicamente los ejercicios de casa y los proyectos de trabajo en grupo. En algunos departamentos es ya habitual atribuir un 30% de la nota final al proyecto de trabajo en grupo. Sin embargo, la valoración de los ejercicios que se encomiendan para casa sigue siendo un tema abierto. En algunas universidades norteamericanas como la de Carnegie Mellon, algunos docentes (véase Chen, 1998) atribuyen hasta un 40% de la nota global a los ejercicios de casa, frente a un 20% para el examen fin de curso. Sin acudir quizás a tales extremos, parece razonable que dichos ejercicios sean también tenidos en cuenta en la calificación global.

Una buena metodología docente debe, por último, acompañarse de mecanismos correctores de las desviaciones que pudieran surgir respecto de los objetivos docentes. Los tests iniciales y las distintas modalidades de control (especialmente, las evaluaciones periódicas) permiten ya obtener bastante información. No obstante, sería conveniente disponer de reglas decisión racionales a la hora de introducir cambios en dichos objetivos. Algunos autores han propuesto elaborados mecanismos de control del aprendizaje inspirados en el control de calidad (véase por ejemplo Jensen y Robinson, 1995; Karapetrovic y Rajamani, 1998). Al igual que sucede en control de calidad, cuanto más frecuentemente se muestrean los conocimientos adquiridos por los alumnos, mayor es la rapidez con la que es posible detectar desviaciones significativas respecto de las "especificaciones" u objetivos establecidos en el proyecto docente. El problema de la mejora de la calidad en la enseñanza se reduce pues a un problema típico de control de calidad en el que se intenta llevar al "producto" (alumno) desde un estado "fuera de control" (estimado a partir de los tests iniciales) hasta un estado "bajo control". Idealmente, llegado a éste último estado, el "producto" debería satisfacer las especificaciones u objetivos del curso.

Las evaluaciones pueden introducir, sin embargo, ciertas distorsiones en la información que buscamos, dependiendo de los incentivos proporcionados al alumno. Estos incentivos (generalmente, en forma de nota) podrían animarle a recurrir a métodos de aprendizaje más eficaces pero distintos a los que se intenta promover en clase, por lo que la relativa ineficacia de éstos últimos no sería percibida por el profesor. El "plan de muestreo" podría mejorarse, por tanto, si complementamos las evaluaciones regulares con información directa por parte de los alumnos acerca de la metodología docente. Como bien sugieren algunos autores (véase por ejemplo Mosteller, 1988; Peña, 1992; Jensen y Robinson, 1995; Magel, 1996), esta información podría provenir de encuestas anónimas a las que los alumnos responderían con regularidad. En estas encuestas, se solicitaría opiniones constructivas sobre cuestiones tales como la mejora de la organización del curso o de la actuación del docente. También se recaudarían sus propias apreciaciones acerca del grado

de comprensión alcanzado en los distintos puntos o conceptos clave presentados en clase desde la última encuesta, y el grado de satisfacción global.

Por último, la mejora de la calidad docente podría ser más rápida y eficaz si se introdujeran mecanismos correctores a un nivel superior. En efecto, los planes de control de los que hemos hablado hasta ahora recogen sólo la experiencia de un docente en una clase determinada. Lo ideal sería disponer de una especie de “red” que interconectara las experiencias de, al menos, toda una comunidad de docentes. De esta forma, cada docente podría diseñar un mecanismo de control y mejora de su enseñanza más completo, que incorporara la experiencia de sus colegas en una multitud de clases.

En un exitoso experimento de este tipo puesto en práctica recientemente en la Universidad de Stanford (véase Marincovich, 1998), cada docente de un departamento podía requerir que algunos de sus colegas asistieran a una o varias de sus clases, que intervinieran en ellas para estimular el debate y complementaran la labor del docente con sus puntos de vista, y finalmente, que redactaran un informe en el que se señalaran de manera amistosa y constructiva los fallos y aciertos en su estilo pedagógico, en sus materiales y en sus métodos de trabajo. Por otro lado, las mejores experiencias docentes quedaban archivadas para el uso y beneficio del resto de la comunidad. Así por ejemplo, se grababan en vídeo las actuaciones de aquéllos profesores cuyos estilos pedagógicos fueron mejor acogidos por los alumnos, mientras que los mejores materiales didácticos eran puestos en la red.

El experimento de Stanford sirve para ilustrar un paradigma en el que la mejora de la calidad de la enseñanza se entiende como una preocupación de todo un departamento o, mejor aún, de toda la comunidad docente; un paradigma en el que la solución a los problemas debe buscarse en el trabajo en equipo y en el intercambio de experiencias didácticas entre los profesores. Nada mejor que las palabras del propio Marinkovich para describirlo: “Giving teaching a more serious and valued place means not just discussion of teaching, not just funds and rewards for it, but the creation of a real infrastructure of support for teaching. It means the linkage of curricular reform with teaching quality, support for the process of learning as well as the materials of teaching, peer evaluation, team-teaching, centers for introductory courses, and preparation of graduate students for lives as teachers as well as researchers ...”.

Bibliografía

1. Adair, J. *Understanding Motivation*. Talbot Adair Press, 1990.
2. Berry, D.A. *Teaching Elementary Bayesian Statistics with Real Applications in Science*. The American Statistician, Vol. 51, N° 3, 1997.
3. Birch, J.B. *Ten Suggestions for Effectively Teaching Short-Courses to Heterogeneous Groups*. The American Statistician, Vol. 49, N° 2, 1995.
4. Box, G.E.P. *Comentary on Communications Between Statisticians, Engineers and Physical Scientists*. Technometrics, 32, 1990, pp. 251-252.
5. Brown, G. y Atkins, M. *Effective Teaching in Higher Education*. Routledge, 1997.
6. Catalano, G.D. y Catalano, K. *Transformation: From Teacher-Centered to Student-Centered Engineering Education*. Journal of Engineering Education, January, 1999, pp. 59-64.
7. Chen, T. *Applied Stochastic Processes (Course Syllabus for Fall 1998)*. [Http://www.ece.cmu.edu/~ee751](http://www.ece.cmu.edu/~ee751).
8. Chickering, A. y Gamson, Z. *Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education*. AAHE Bulletin, Vol. 39, N° 7, 1987, pp. 2-7.
9. Dargahi-Noubary, G.R. y Growney, A.S. *Risk -A Motivating Theme for an Introductory Statistics Course*. American Statistical Association, Vol. 52, N° 1, 1998, pp. 44-48.
10. Garfield, J. *How Students Learn Statistics*, International Statistical Review, Vol. 63, N° 1, 1995, pp. 25-34.
11. Hagler, M.O. *Strategies for Designing Engineering Courses*. Journal of Engineering Education, January, 1999, pp. 11-13.
12. Higgins, J.J. *Nonmathematical Statistics: a New Direction for the Undergraduate Discipline* (with discussion). American Statistical Association, Vol. 53, N°1, 1999, pp. 1-28.
13. Jensen, P.A. y Robinson, J.K. *Deming's Quality Principles Applied to a Large Lecture Course*. Journal of Engineering Education, January, 1995, pp. 45-50.
14. Joiner, B.L. *Transformation of the American Style of Teaching Statistics*, Center for Quality and Productivity Improvement. Report 10, University of Wisconsin, 1986.
15. Karapetrovic, S. y Rajamani, D. *An Approach to the Application of Statistical Quality Control Techniques in Engineering Courses*. Journal of Engineering Education, July, 1998, pp. 269-276.
16. Ledolter, J. *Projects in Introductory Statistics Courses*. American Statistical Association, Vol. 49, N°4, 1995, pp. 364-367.
17. Lema, L. *Les Maths, ça sert à quoi ?* Journal de l'Enseignement et de la Formation, N° 21 Mai, 1995, pp. 14-18.
18. Loosen, F. *A Concrete Strategy for Teaching Hypothesis Testing*. The American Statistician, Vol. 51, N°2, 1997, pp.158-163.
19. Magel, R.C. *Increasing Student Participation in Large Introductory Statistics Classes*. American Statistical Association, Vol. 50, N°1, 1996, pp. 51-56.
20. Marasinghe, M.G., Meeker, W.Q., Cook, D. y Shin, T.S. *Using Graphics and Simulation to Teach Statistical Concepts*. American Statistical Association, Vol. 50, N° 4, 1996, pp. 342-351.

21. Marinovich, M. *Recalibrating the Teaching/Research Balance at Universities: Recent Experiences at Stanford*, conferencia pronunciada en el Seminario Internacional sobre Administración Estratégica y Calidad de las Universidades, Universidad Politécnica de Cataluña, 20-21 de Enero de 1998.
22. Moore, D.S., Cobb, G.W., Garfield, J. y Meeker, W.Q. *Statistics Education Fin de Siècle*. American Statistical Association, Vol. 49, N° 3, 1995, pp. 250-260.
23. Mosteller, F. *Broadening the Scope of Statistics and Statistical Education*. The American Statistician. Vol. 42, N° 2, 1998, pp. 93-99.
24. Novak, J.D. *Teoría y Práctica de la Educación*, Alianza, 1996.
25. Peña, D., Prat, A., y Romero. *La Enseñanza de la Estadística en las Escuelas Técnicas*, R. Estadística Española, Vol. 32, N° 123, 1990, pp. 147-200.
26. Peña, D. *Reflexiones sobre la Enseñanza Experimental de la Estadística*. Estadística Española, 131, pp. 469-490, 1992.
27. Stuart, M. *Changing the Teaching of Statistics*, The Statistician, Vol. 44, N° 1, 1995, pp. 45-54.
28. Yu, P.L.H. *A Simple Statistical Project: Image Reconstruction*. American Statistical Association, Vol. 48, N°1, 1994, pp. 31-34.