

## UNA EXPERIENCIA PROLONGADA DE USO DE CAS

**J.J. Carreño, A. García, F. García, A. Martínez**

jjcc@eui.upm.es, garcial@eui.upm.es, gmazario@eui.upm.es, ams@eui.upm.es

Departamento de Matemática Aplicada (EUI), Universidad Politécnica de Madrid

Campus Sur de la UPM, cr. de Valencia km.7, 28031-Madrid, España.

### RESUMEN

En este artículo se presenta y analiza una experiencia sostenida en el tiempo de uso totalmente normalizado de un sistema informático de cálculo matemático, tanto en el proceso de aprendizaje como en el de evaluación. Esta experiencia se ha llevado a cabo en el departamento de Matemáticas de la EU de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en los últimos diez cursos y, pese a que al principio los resultados fueron esperanzadores, en los últimos años son peores de lo esperado. Para el análisis de datos nos hemos centrado en la asignatura de Análisis Matemático y Métodos Numéricos (AMYMN) de primer curso de las titulaciones de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas (ITIS) e Ingeniero Técnico en Informática de Gestión (ITIG). Analizando la evolución del perfil académico de los alumnos y de los resultados obtenidos, se buscan las causas del deterioro de los últimos años y se presentan unas propuestas de innovación.

**PALABRAS CLAVE:** CAS, métodos de evaluación.

### 1. INTRODUCCIÓN

Hacia el año 1990 los profesores del departamento de Matemáticas de la EU de Informática de la UPM decidimos que era necesario incorporar en nuestra docencia alguno de los, por entonces muy novedosos, sistemas informáticos de cálculo matemático (Computer Algebra Systems o CAS).

Un CAS no es una herramienta diseñada con fines docentes, sino con el fin primordial de ayudar a realizar los cálculos matemáticos (numéricos o simbólicos) que aparecen en cualquier trabajo científico o tecnológico. Si se usa un CAS como asistente matemático en la resolución de un problema, es posible ahorrar tiempo en cálculos para poner el énfasis sobre el planteamiento, los conceptos matemáticos utilizados y la interpretación de los resultados. Cabía esperar que el uso de este tipo de sistema favoreciera la comprensión de los conceptos y la capacidad de resolución de problemas, a cambio de una menor atención al objetivo de conseguir determinadas destrezas puramente calculistas. Por ello era necesario redefinir objetivos limitando los relativos exclusivamente a rutinas de cálculo.

Tras alguna experiencia piloto y animados por los buenos resultados de ésta, que se reflejaron en un aumento del interés de los estudiantes con la consiguiente mejora en número de presentados y de aprobados (véase [1]), nos embarcamos en las tareas de definir un nuevo enfoque de nuestra enseñanza, y preparar un material adecuado para una utilización racional de esta tecnología (véase [2,3,4]). Aprovechando el cambio de plan de estudios se definieron contenidos y metodología para la nueva asignatura de AMYMN y se incorporó el uso del sistema DERIVE. Se consiguió superar las dificultades iniciales y desde 1996 el uso está totalmente normalizado. El enfoque consiste en permitir el uso del CAS para la realización de determinadas tareas, y la evaluación es acorde con este enfoque.

Desde el curso 1992-93 en que entró en marcha el vigente plan de estudios, la metodología utilizada para impartir la asignatura ha sido la misma: cada semana se imparten tres horas de clase en el aula basándose en clases magistrales y resolución de problemas junto con una hora de clase práctica en el Centro de Cálculo haciendo uso del sistema DERIVE para aprovechar sus posibilidades respecto a gráficos, velocidad de cálculo, posibilidad de implementar procesos algorítmicos y utilizar métodos numéricos en la resolución de problemas.

En un principio (al ser la asignatura cuatrimestral) se evaluaba mediante un único examen. Desde el curso 1995-96, este examen incorpora una parte con ordenador cuya ponderación es aproximadamente un 25%, y en las evaluaciones de ese curso y del siguiente se obtuvieron los mejores resultados de la historia de la asignatura, con un 50% de presentados y un nivel de aptos en torno al 70% de los presentados (ver [5]). En los últimos años hemos venido percibiendo, junto a una disminución en el número de alumnos de nuevo ingreso, un aumento del abandono por parte de los estudiantes y resultados cada vez peores, tanto en el número de alumnos que superan la asignatura como en el nivel de competencia conseguido, siendo especialmente preocupante la baja capacidad de resolución de problemas y de expresar resultados

con rigor (objetivos prioritarios de nuestra metodología). También es alarmante el bajo nivel de asistencia a las clases (sobre todo a las clases teóricas) y el bajo porcentaje de presentados.

A partir del curso 2002-03 decidimos permitir a los alumnos optar por hacer un examen único o bien dividir la materia en dos parciales obteniendo la calificación final de la media de ambos. El fin era doble: animarles a estudiar desde el principio de curso y facilitarles el aprobado en la asignatura. El modelo de cada uno de los exámenes es el mismo que el que utilizábamos antes de esta división. En cuanto al resultado, hemos conseguido mejorar el número de aprobados entre los alumnos que se examinan por parciales (más del 60% de éstos aprueban), pero no el número total de aprobados de la asignatura, que aunque mejoró un poco en el curso 2002-2003, después fue bajando. Sobre todo, no hemos conseguido disminuir la tasa de abandono.

En el año 2006 se decidió analizar con mayor profundidad los resultados académicos y los métodos de estudio utilizados por nuestros alumnos y se presentó un proyecto de innovación educativa, con nueva metodología, que se está llevando a cabo el presente curso. Hemos decidido mantener la idea del uso normalizado del CAS en el aprendizaje y evaluación, pero hemos intentado ofrecer otros apoyos que faciliten el trabajo continuado del estudiante, incluyendo uso de Moodle, actividades de refuerzo tutorial y trabajo cooperativo, así como un modelo de evaluación continua.

## 2. CARACTERÍSTICAS DE LA ASIGNATURA

La asignatura AMYMN es una asignatura troncal de primer curso, que se imparte durante el segundo cuatrimestre indistintamente en las dos titulaciones (ITIS e ITIG). Tiene asignados en el plan de estudios 4.5 créditos teóricos y 1.5 créditos prácticos. Los objetivos de carácter general de la asignatura son:

- Que el estudiante adquiera los conocimientos, técnicas y destrezas básicos de Análisis Matemático y domine algunos Métodos Numéricos elementales para la resolución de problemas matemáticos de la Informática.
- Familiarizar al estudiante con el trabajo matemático, y capacitarlo para llevar a cabo todo el proceso de resolución de un problema matemático relacionado con áreas como algorítmica, diseño, comunicaciones, etc., usando, para determinados procesos, un sistema informático de Cálculo Matemático.

Los objetivos específicos son:

1. Capacidad de modelizar y resolver problemas en términos de sucesiones de números reales tanto si están definidas de modo explícito como en modo recurrente, incluyendo determinar y comparar órdenes de magnitud, interpretando adecuadamente los conceptos de sucesión del mismo orden, de menor orden y  $O$  grande, así como ser capaces de plantear y resolver algunas ecuaciones en diferencias.
2. Como aplicación de los resultados de convergencia de sucesiones definidas de modo recurrente, los estudiantes deben ser capaces de resolver aproximadamente ecuaciones no lineales, del tipo  $f(x)=0$ , usando algún método numérico y de interpretar y aplicar los resultados adecuadamente.
3. Los estudiantes deben conocer el concepto y significado de serie numérica y ser capaces de modelizar y resolver problemas en términos de estudio de convergencia de series, de cálculo exacto o aproximado del valor de la suma, o de estudio del orden de magnitud de la sucesión de las sumas parciales de una serie divergente.
4. Conocer y saber implementar correctamente métodos de evaluación aproximada de funciones, con aproximaciones tanto de carácter local como global. En este sentido deberán conocer, saber calcular, analizar e interpretar los conceptos de polinomio y serie de Taylor, de polinomio de interpolación y funciones interpoladoras a trozos.
5. Conocer el concepto de integral de Riemann. Manejar funciones definidas por integrales. Conocer y saber utilizar en la resolución de problemas el Teorema Fundamental del Cálculo. Conocer y saber utilizar algunos métodos de integración numérica. Conocer el concepto de integral impropia y saber calcular algunas integrales impropias.

Como prerrequisito se supone el manejo de números reales, funciones elementales y destrezas muy básicas de cálculo de límites, derivadas e integrales. Merece la pena destacar que nuestros prerrequisitos son menores que los que tienen en general las asignaturas de Cálculo I de otras ingenierías y que también son menores nuestras exigencias en cuanto a ciertas rutinas de cálculo más o menos sofisticadas. Sin embargo, a pesar de que, tal y como hemos comentado antes, se permite el uso de DERIVE en determinadas tareas, no hemos renunciado a que los estudiantes dominen técnicas básicas de cálculo. Proponemos el uso del CAS como calculadora una vez superada una primera fase de aprendizaje de destrezas básicas, en una segunda fase de aplicación de éstas. Algoritmos y rutinas que han sido estudiados en la fase inicial, se pueden usar automáticamente después, en la resolución de problemas. En [6] se muestran algunas estrategias e ideas que compartimos sobre el uso adecuado del CAS. Algunas de las tareas que proponemos hacer con DERIVE son:

- Generación de términos de una sucesión y búsqueda del que verifique determinada propiedad. Cálculo de límites para la comprobación de órdenes de magnitud y resolución de determinadas ecuaciones en diferencias.
- Obtención, representación gráfica y utilización de polinomios de Taylor e interpolación.

- Aplicación de ciertos algoritmos numéricos (para la resolución aproximada de ecuaciones, cálculo de la suma aproximada de una serie, o para el cálculo aproximado de integrales, etc.).

Conviene señalar que a lo largo del tiempo las prácticas han ido evolucionando para dar mayor prioridad a la resolución de problemas frente a los procesos de ilustración de aspectos teóricos.

El modelo de examen de AMYMN tiene una primera parte con una batería de preguntas tipo test, una pregunta de teoría y algunos problemas, para la que no se permite el uso de ordenador, ni calculadora, y una segunda parte con dos problemas en la que se puede usar el programa DERIVE.

### 3. PERFIL DEL ALUMNO

#### 3.1 La población

El número de alumnos de la EUI está descendiendo sensiblemente desde el año 2002. En la Tabla 1, con datos de [7,8], se muestra la evolución del número de alumnos que han solicitado (en alguna opción) una de las dos titulaciones:

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2005-06
ITIG	3712	3193	2321	1729	675
ITIS	4036	3745	2729	2108	813

Tabla 1. Evolución del total de solicitudes de acceso a la EUI en alguna opción.

Esta tabla refleja una coyuntura general de descenso en el interés por los estudios de Informática, unido a un problema demográfico y a una gran proliferación de centros universitarios que ofrecen esos estudios.

En el curso 2006-07, por segundo año consecutivo no se ha cubierto la oferta de plazas, que fue de 450 (=200+250). El número de alumnos de nuevo ingreso matriculados fue 176 (=55+121) en junio más 137 (=38+109) en septiembre.

A la menor demanda hay que sumar un alto índice de abandono, de modo que el número de alumnos matriculados en la Escuela ha pasado de 3078 en el curso 2000-01 a 1955 en el 2006-07. En consecuencia, también en la asignatura de AMYMN ha ido descendiendo paulatinamente, como se ve en la Tabla 2.

	2001-02	2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07
ITIG	552	516	467	435	328	268
ITIS	565	542	502	461	443	436

Tabla 2. Número de alumnos matriculados en AMYMN en los últimos años.

El problema del abandono ha alcanzado sus mayores cotas el curso 2005-2006, con un abandono cercano a 300 alumnos. Muchos de ellos, concretamente 251, son afectados por la normativa de permanencia (141 no han conseguido aprobar 6 créditos el primer año y los restantes 110 no han conseguido aprobar el 60% de los créditos de primer curso tras dos años consecutivos matriculados en la titulación correspondiente).

#### 3.2 Nivel académico de acceso

La disminución de la demanda conlleva menor exigencia y el consiguiente descenso del nivel de entrada. La evolución de las notas de acceso (datos de [7] y [8]) se muestra en la Tabla 3. Para cada curso aparece en primer lugar la nota media (que desde 2004 se calcula con todos los alumnos de nuevo ingreso y no sólo con los de selectividad) y después la nota de corte.

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07
ITIG	6.29-6.02	6.31-5.98	6.26-5.21	5.75-5.00	6.30-5.00	6.09-5.00	6.06-5.00
ITIS	6.61-6.26	6.63-6.25	6.69-5.30	6.04-5.40	6.14-5.00	6.14-5.00	5.85-5.00

Tabla 3. Evolución de la nota media de acceso y la nota de corte

Respecto a la formación matemática previa, la UPM suele realizar al principio de curso una prueba de nivel de matemáticas a los alumnos de nuevo ingreso (ver [9]). En el año 2005 la media obtenida por los alumnos de la UPM fue de 2.97 (sobre 10) y la media de los alumnos de la EUI fue de 2.02 (sobre 10). En general, los datos de las pruebas de nivel realizadas en nuestro Centro no se consideran suficientemente significativos, debido a la falta de motivación del alumnado y a la muy escasa participación. Como la calificación obtenida no vale para nada, consideran que no

merece la pena el esfuerzo. Por este motivo dicha prueba no se ha realizado el presente curso. Solamente se ha realizado, a modo ilustrativo, una pequeña prueba (muy básica) a una muestra de 50 alumnos de uno de los grupos teóricos asistentes el primer día de clase de AMYMN (segundo cuatrimestre). Los resultados, aunque poco fiables, por la comentada falta de motivación, ponen en evidencia carencias muy significativas relativas a dificultades para simplificar expresiones algebraicas sencillas y al cálculo de límites elementales, derivadas y primitivas inmediatas.

El nivel, cada vez más bajo, de conocimientos y destrezas matemáticas de los alumnos de nuevo ingreso supone un problema con especial incidencia en esta asignatura. Pensamos que ésta es una de las causas del creciente abandono. Para intentar paliarlo, estamos introduciendo en el sobre de matrícula una pequeña prueba de nivel con preguntas absolutamente elementales, cuyas soluciones se pueden consultar en la página web de la asignatura. A los alumnos que no consiguen realizar con éxito esa prueba les recomendamos que cursen durante el primer cuatrimestre la asignatura de libre configuración “Laboratorio de Matemáticas”, para adecuar su nivel al que se les supone en la asignatura AMYMN. Pero, dada la amplia oferta de libre elección, no todos los alumnos que lo necesitan cursan el Laboratorio de Matemáticas y se hace necesario un plan de tutorías, para facilitar material de apoyo a los estudiantes.

La asignatura Laboratorio de Matemáticas, concebida inicialmente para los estudiantes procedentes de formación profesional, se muestra en los últimos años necesaria para la mayoría de los alumnos. Si bien, al contrario de lo que sería deseable, su número de alumnos ha descendido notablemente. La evolución de alumnos matriculados y que la superan en la convocatoria principal (febrero) se muestra en la Tabla 4. Se han incluido también el número de no presentados porque está muy relacionado con el índice de abandono. Cabe señalar al respecto que en el curso 2006-2007 la tendencia a la baja en el número de alumnos matriculados se ha unido a un problema administrativo que impidió a los alumnos de nuevo ingreso matricularse en junio de asignaturas de libre configuración.

	ITIG			ITIS		
	Matriculados	Superan	No present.	Matriculados	Superan	No present
2001-2002	131	80	26	147	79	50
2002-2003	156	73	30	159	84	33
2003-2004	154	46	54	160	82	44
2004-2005	146	32	75	130	54	43
2005-2006	81	21	39	140	46	64
2006-2007	42	10	30	104	18	54

Tabla 4. Evolución en la asignatura de apoyo Laboratorio de Matemáticas.

Respecto a los conocimientos previos de herramientas informáticas, en noviembre de 2003 hicimos una encuesta a una muestra de 97 estudiantes de nuevo ingreso. Todos ellos usaban con regularidad Internet, todos habían utilizado algún procesador de texto, pero sólo el 2% había utilizado una calculadora programable o un CAS. El uso de calculadora científica en sus actividades académicas se reduce a la realización de operaciones aritméticas, mostrando en este caso una cierta dependencia no deseable.

### 3.3 Métodos de estudio

En el curso 2005-2006 hicimos una encuesta a una muestra de 232 alumnos de AMYMN, de los que 166 asistían a clase con regularidad, para conocer sus hábitos de estudio. Los resultados más significativos son los siguientes:

1. Los métodos más utilizados son, por este orden, asistir a clase, resolver exámenes de años anteriores y hacer problemas.
2. No tienen hábito de consultar bibliografía ni hacer sus propios esquemas.
3. No suelen acudir a tutorías y dicen que no van a academias.
4. Muy pocos trabajan con compañeros o entregan problemas resueltos a sus profesores.
5. No encuentran dificultades en conseguir material de trabajo y lo que más les cuesta es entender los conceptos.

A la vista de estos datos hemos concluido que una forma de ayudarles puede ser proporcionarles material de autoevaluación y el plan de trabajo que se describe en la sección 6.

## 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ACADÉMICOS

### 4.1 Asistencia a clase

El curso 2006-07 los 704 alumnos matriculados en AMYMN están distribuidos en siete grupos para las clases teóricas y 11 para las prácticas. La capacidad máxima de los grupos teóricos es de 120 alumnos. Pero, desde el primer día de

clase, el número total de alumnos en aulas no ha llegado a 400. El resto de los alumnos (mayoritariamente repetidores) no vienen a clase. Los grupos de prácticas se adaptan a la demanda, con un máximo de 40 alumnos por grupo.

En los últimos años hemos observado que casi la mitad de los alumnos matriculados en la asignatura no han asistido a ninguna clase en todo el curso. Obviamente resulta prácticamente imposible actuación alguna sobre este colectivo. En el resto también hay una importante tendencia al abandono y muchos de los que van a clase al principio, lo van dejando a lo largo del cuatrimestre. Además, cabe señalar la falta de continuidad en la asistencia.

	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06
Matriculados	1117	1058	969	896	771
Asisten a clase	419 (37.5%)	437 (41.3%)	317 (32.7%)	266 (29.7%)	146 (18.9%)

Tabla 5. Evolución del número de alumnos que van a clase hasta final del curso.

En la Tabla 5 se muestra el número de alumnos que estaban en clase, cada curso, el día de la realización de la encuesta de evaluación del profesorado (a mediados de mayo), incluyendo también el porcentaje sobre el total de alumnos matriculados. No sólo tenemos menos alumnos sino que también van menos a clase. Sin embargo cabe señalar que en la citada encuesta los alumnos suelen manifestar una opinión muy favorable de los profesores de AMYMN, calificándoles todos los años con una media entre 3.8 y 4.1 sobre un máximo de 5 puntos. Consideramos que el abandono está motivado en buena medida porque los estudiantes se pierden y no son capaces de seguir la asignatura cuando no han estudiado los primeros temas. También porque no están dispuestos a asumir la carga de trabajo que supone mantener la asistencia a las clases teóricas, cuando se incrementa la presión de las prácticas en otras asignaturas. Esta presión no es mayor en los últimos años, pero es menor la capacidad de trabajo de los estudiantes.

Otro factor a tener en cuenta es que se está retrasando el momento en que los jóvenes empiezan a asumir responsabilidades. Los problemas de convivencia y disciplina de los centros de secundaria y bachillerato han conducido a una situación en la que, hasta llegar a la Universidad, es muy estricto el control de asistencia a clase por parte de padres y profesores, con lo que se produce un cambio muy brusco. Podemos conseguir mejorar el nivel de asistencia si incrementamos los mecanismos de control, pero no nos parece conveniente, pues esto retrasaría aun más el momento en el que el estudiante decida por sí mismo si tiene que ir a clase.

## 5.2 Resultados de los exámenes

En la Tabla 6 se muestran datos globales de la evolución de esta asignatura desde el curso 2001-02. Todos los datos corresponden a la suma de los alumnos de las dos titulaciones ya que no hay diferencias significativas entre ambas en lo que a tendencias se refiere, si bien las notas son siempre mejores en ITIS que en ITIG. En la primera fila está el número de matriculados en cada curso. En la segunda, el número de alumnos que han superado la asignatura en la convocatoria ordinaria (junio) y los respectivos porcentajes sobre presentados. En la tercera fila, el número de alumnos no presentados al examen de la convocatoria ordinaria y el porcentaje sobre matriculados.

	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06
Matriculados	1117	1058	969	896	771
Superan (% sobre pr.)	199 (36%)	231 (42%)	157 (41%)	144 (44%)	70 (30%)
No presentados	557 (50%)	526 (50%)	586 (60%)	569 (64%)	545 (71%)

Tabla 6. Evolución del número de alumnos que superan la asignatura en la convocatoria principal.

Como se ve, el incremento del porcentaje de no presentados es muy importante. Respecto al porcentaje de alumnos que superan la asignatura en la convocatoria principal, se puede apreciar cómo la introducción del examen parcial, en el curso 2002-03, significó una mejora, que fue decayendo en los años siguientes, debido sobre todo al abandono. También han ido bajando las calificaciones, como se puede ver en la Tabla 7, en la que se muestran las notas medias (m) y desviaciones típicas (st) del primer examen parcial, junto con el número y porcentaje de alumnos presentados a dicho examen cada curso.

	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06
Present (% mat.)	194 (18.3%)	164 (16.9%)	100 (11.1%)	74 (9.6%)
ITIS	m=6.68 st=1.34	m=5.26 st=1.48	m=5.08 st=1.49	m=5.30 st=1.36
ITIG	m=6.27 st=1.56	m=5.07 st=1.52	m=4.35 st=1.73	m=5.08 st=1.64

Tabla 7. Evolución de los resultados del primer parcial.

El curso 2005-06, primer año con un importante número de alumnos en septiembre, el abandono aumenta considerablemente. Pero al presentarse pocos alumnos el peso de los buenos es mayor y la media subió ligeramente.

Pese a ello los resultados se pueden calificar de pésimos, pues menos del 10% de los alumnos matriculados superó la asignatura en la convocatoria ordinaria. En términos de los alumnos de nuevo ingreso, sólo 34 de ellos han conseguido aprobar AMYMN a la primera.

### 5.3 Uso del ordenador en una parte del examen

La idea de introducir el ordenador en una parte del examen responde a un intento de normalizar un uso adecuado del CAS en el trabajo matemático. No es razonable pensar que un ingeniero, si ha de resolver problemas matemáticos en su actividad profesional, vaya a realizar a mano cálculos numéricos o simbólicos laboriosos. Sin embargo no queremos crear una dependencia excesiva de la máquina, y queremos fomentar el espíritu crítico con los resultados obtenidos. También nos parece importante la igualdad de condiciones entre todos los alumnos a la hora de hacer el examen y que el resultado no dependa del tipo de calculadora que lleve cada uno. El modelo más ajustado a estas pretensiones es el de no permitir ningún asistente de cálculo en una parte del examen (que incluye resolución de problemas sin cálculos excesivamente largos) y permitir el uso de un CAS para otra parte del examen con problemas menos restrictivos. El peso de la primera parte del examen suele ser del 75% y el de la segunda del 25%.

Generalmente las dificultades de los alumnos en la segunda parte del examen son parecidas a las de la primera y relativas a los conceptos matemáticos más que al uso del CAS. Tampoco los resultados de las calificaciones en estos problemas son muy diferentes a los otros, como se puede ver si se comparan las calificaciones medias obtenidas en los problemas hechos con y sin ordenador. En la Tabla 8 están los datos de la convocatoria de junio del curso 2001-02, todavía con un único examen. En este caso la media del problema con ordenador es algo peor que la de los problemas con ordenador. Pero hay una diferencia parecida a la que hay entre la pregunta teórica y el test.

TEST	TEORÍA	PB. sin DERIVE	PB. con DERIVE	NOTA
4.05	3.5	4.07	3.43	3.98

Tabla 8. Medias de las calificaciones de la convocatoria de Junio 2002.

En la Tabla 9 se recogen los datos de los cursos sucesivos en tres columnas para cada curso, en las dos primeras se recogen los datos relativos a las calificaciones de los dos parciales y en la tercera los relativos a los alumnos que optan por ir a examen único (no existe la posibilidad de hacer las dos cosas). En la última fila se muestra el número de alumnos presentados a cada examen.

	2002-03			2003-04			2004-05			2005-06		
	P1	P2	ÚNI	P1	P2	ÚNI	P1	P2	ÚNI	P1	P2	ÚNI
Pb sin	6.51	5.5	3.39	5.21	5.7	3.51	4.85	5.81	3.32	5.19	5.35	3.12
Pb con	7.16	6.4	3.45	4.81	4.1	2.94	5.5	5.51	4.05	6.67	6.53	2.99
Nota Ex	6.49	5.02	3.21	5.19	4.98	3.28	4.81	5.21	3.68	5.23	5.04	2.68
Present.	194	191	344	164	144	236	100	89	240	74	68	159

Tabla 9. Evolución en las calificaciones medias de los problemas con y sin ordenador.

De los datos mostrados se desprende:

1. Las calificaciones de los alumnos que optan por parciales son mejores que las de aquéllos que van al examen único. Esto es lógico ya que los primeros son los que siguen el curso con más regularidad. Las notas relativas al examen único son peores que las del curso 2001-02 porque hemos separado a los mejores alumnos.
2. Las calificaciones del primer parcial suelen ser mejores que las del segundo. Esto es una consecuencia de lo que llamamos “efecto relajación”. Si un alumno tiene un 7 en el primer parcial, se dedica a otras asignaturas y destina menos tiempo a ésta que será más fácil aprobar.
3. Es significativo el descenso del número de alumnos presentados tanto en la opción de parciales como en la de examen único.
4. No se puede decir que les resulten más sencillos los problemas con ordenador que sin él. Las variaciones a favor de unos u otros tienen más que ver con la propia dificultad de cada problema. Tampoco se han apreciado diferencias significativas en la correlación entre las notas de los problemas con y sin ordenador y la nota final de la asignatura.

En otras experiencias, como la descrita en [10], se permite el uso del CAS para la realización de todos los problemas del examen y se obtienen mejores resultados. Pero pensamos que se corre el peligro de pérdida del espíritu crítico y queremos que no adquieran la costumbre de recurrir a la máquina para operaciones elementales. En [11] se pueden ver otros modelos de integración normalizada del CAS.

## 5. ESTUDIO COMPARADO CON OTRAS ASIGNATURAS

Para contrastar nuestros resultados, hemos recabado datos de otras asignaturas con contenidos que puedan resultar más asequibles a los alumnos, que tengan menos prerrequisitos o que usen otras metodologías. A modo de ejemplo se presentan aquí algunos datos sobre Matemática Discreta (MD), que es una asignatura de primer curso, primer cuatrimestre, que se imparte en 3 horas semanales de aula y una en el laboratorio, en la que se resuelven problemas, a veces usando ordenador y otras con lápiz y papel. No se usa ordenador en la evaluación, tiene menos prerrequisitos que AMYMN y es más fácil de seguir porque cada tema no se apoya en el anterior.

En la Tabla 11 se muestra la evolución de esta asignatura desde el año 2002. Como es una asignatura de primer cuatrimestre, tenemos todos los datos del curso 2006-07. En la primera fila está el número de matriculados en cada curso (sumando los de las dos titulaciones), en la segunda el número y el porcentaje de personas que asisten a clase hasta el final, en la tercera el número de alumnos que han superado la asignatura en la convocatoria ordinaria (febrero) y los respectivos porcentajes sobre presentados y en la cuarta el número de no presentados al examen de la convocatoria ordinaria con porcentaje sobre matriculados.

	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07
Matriculados	966	870	798	663	558
Asisten a clase	384 (39.8%)	379 (41.3%)	259 (32.5%)	187 (28.2%)	151 (27.1%)
Superan (% sobre pr.)	240 (45.8%)	205 (42.0%)	158 (39.4%)	98 (28.8%)	102 (34.8%)
No presentados	442 (45.8%)	382 (43.9%)	402 (50.4%)	323 (48.7%)	265 (47.5%)

Tabla 11. Evolución en Matemática Discreta.

Los resultados son algo mejores que en AMYMN, tanto los relativos a asistencia a clase, como los de presentados y el porcentaje de alumnos que superan la asignatura en la convocatoria principal. Hay que tener en cuenta que se trata de una asignatura de primer cuatrimestre, que en consecuencia no ha sufrido el abandono que se produce tras los primeros exámenes. Lo que coincide con AMYMN es la caída del número de alumnos matriculados. En MD hay aproximadamente 100 alumnos menos que en AMYMN cada curso. Esta caída, así como el descenso en la asistencia a clase y en las calificaciones, es similar en todas las asignaturas de primer curso.

## 6. PROPUESTA DE INNOVACIÓN PUESTA EN MARCHA

Tras el estudio realizado hemos llegado a la conclusión de que las principales causas de abandono son el peor nivel de entrada, la menor capacidad de trabajo de los alumnos y la dificultad propia de la materia, dado que los temas están muy relacionados entre sí, lo que hace necesario seguir el curso con regularidad. Con el ánimo de intentar mejorar los resultados este curso hemos puesto en marcha un proyecto con nueva metodología y un modelo de evaluación continua, que pretende fomentar el reparto del trabajo a lo largo del curso. También hemos pretendido sacar el mayor partido posible de los hábitos de trabajo de nuestros estudiantes, con el diseño de una metodología en la que se sientan cómodos. Hemos dividido el contenido del curso en 5 módulos. Durante el desarrollo de cada módulo, los estudiantes tienen a su disposición, en la guía docente elaborada al efecto y en la plataforma Moodle, abundante material de trabajo. Dado que les gusta resolver exámenes de años anteriores, hemos decidido organizar y controlar alguna actividad en ese sentido. Hemos puesto en marcha, con la plataforma Moodle, un generador automático de cuestionarios tipo test, de modo que cada uno se genera eligiendo aleatoriamente 10 preguntas, cada una de ellas de un grupo previamente definido y creado por nosotros. Los alumnos tienen así la oportunidad de hacer desde casa diferentes pruebas para medir y afianzar sus conocimientos. Los profesores tenemos acceso a la información relativa al uso de esta plataforma y así podemos constatar, por ejemplo, que, durante la impartición del primer módulo, un total de 185 alumnos se han conectado para resolver cuestionarios.

Respecto a las tutorías, que hasta ahora se habían usado poco, se ha diversificado la oferta, incluyendo un total de cinco horas de tutorías colectivas para que los estudiantes que lo deseen puedan asistir a consultar dudas y trabajar en grupo, con el apoyo del profesor. De momento, estas tutorías colectivas han tenido una acogida moderadamente satisfactoria.

El cambio más relevante se refiere al modelo de evaluación. Al final de cada módulo se publica una prueba de entrenamiento, que incluye preguntas teóricas, cuestiones tipo test y problemas relativos al tema. Los alumnos pueden trabajar esta prueba de entrenamiento (lo pueden hacer individualmente o en equipo y asistir a tutorías individuales o colectivas, que se les ofrecen). Después se realiza para cada módulo una prueba de evaluación, que se corrige individualmente y se califica con un máximo de 1 punto. Para poder presentarse a la prueba de evaluación, los alumnos deben haber hecho previamente la prueba de entrenamiento. La naturaleza de la materia aconseja que, para dos de las cinco pruebas, se les permita hacer uso de ordenador. Es importante que los estudiantes puedan ver en tutorías la

corrección de sus ejercicios, de forma que haya realimentación del trabajo realizado. De las cinco pruebas realizadas a lo largo del curso, se contabilizarán las cuatro en las que cada alumno haya obtenido mejores resultados. Esa nota se sumará a la obtenida en el examen final de la asignatura (cuyo valor máximo será de 6 puntos). Los alumnos conocen desde el principio el calendario previsto para las pruebas y el plan de actividades del curso.

La primera de estas pruebas de evaluación se ha realizado (sin ordenador) el día 15 de marzo. En la cabecera de la misma se les ha preguntado si asisten a clase y el número aproximado de horas de trabajo personal dedicadas a la preparación del módulo 1, que nosotros estimamos debería estar entre 10 y 15. Se han presentado un total de 369 alumnos (52.4% de los matriculados). Más del 90% de ellos dicen asistir a clase regularmente (constatamos la falta de continuidad). La calificación media del total de alumnos presentados es 0.47. Un total de 159 alumnos han obtenido una calificación de más de 0.5 puntos (sobre un máximo de 1). Sólo el 25% ha obtenido más de 0.6. El número medio de horas, que dicen haber dedicado a estudiar este módulo es 10.2 en la titulación de Gestión y 9.2 en la de Sistemas. Curiosamente, no hay correlación entre las horas de estudio y la calificación. Puede ser porque intervienen otros factores como el hecho de ser repetidor, la asistencia a clase, el nivel previo, etc.

La segunda prueba se ha realizado el día 19 de abril y se ha permitido el uso de ordenador (ha consistido en unas preguntas tipo test y dos problemas, en uno de los cuales era necesario modelizar un proceso). Se han presentado un total de 294 alumnos, de los que 172 han obtenido una calificación de más de 0.5 y 126 (43% de presentados) ha obtenido más de 0.6. La calificación media del total de alumnos presentados es 0.52.

Aunque los resultados no son muy malos, tampoco son lo bastante buenos, si se tiene en cuenta el método seguido y la cantidad de trabajo empleado por los profesores. Además somos algo escépticos en cuanto a conseguir mejoras significativas en el nivel de competencia de nuestros estudiantes.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado por miembros del grupo de innovación educativa GIEMATIC de la UPM en el marco del Proyecto de Innovación Educativa subvencionado por la UPM, IE06 6120-067.

## REFERENCIAS

- [1] Miñano, R. *Valoración de las prácticas de Matemáticas I en la EU de Informática de la UPM*, Jornadas sobre la enseñanza experimental de la Matemática en la Universidad, Madrid, diciembre 1991.
- [2] Cruz, A., García, A., García, F., López, P., Martínez, A., Miñano, R., Ruiz, B. *Análisis Matemático y Métodos Numéricos. Guía Docente 2006-07*. EUI, 2007.
- [3] García, A. (Ed.) *Prácticas de Matemáticas con DERIVE*, CLAGSA, 1994.
- [4] García, A., García, F., Gutiérrez, A., López, A., Rodríguez, G., de la Villa, A. *Cálculo I. Teoría y problemas de Análisis Matemático en una variable*, CLAGSA, 1998.
- [5] EUI *Plan nacional de evaluación de las universidades. Estudio del Comité de evaluación de las titulaciones de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas e de Ingeniero Técnico en Informática de Gestión, 1997*.
- [6] Kutzler, B. *Improving Mathematics Teaching with DERIVE*, Chartwell-Bratt, 1997.
- [7] UPM *Información estadística de alumnos. Curso 2003-2004*.
- [8] UPM *Informe al Claustro 2006*.
- [9] UPM *Informe Demanda. Perfil alumnos de nuevo ingreso. Curso 2005-2006*.
- [10] Llorens, J.L. *Un curso de matemáticas con DERIVE*, Epsilon, n.26, 1993, p. 61-80.
- [11] *Proceedings of the Second International Conference on the Teaching Mathematics (at the undergraduate level)*, Crete, 2002.