

Lemat: Libro Electrónico de Matemáticas

Elena Álvarez Saiz (*), **Laura Bravo Sánchez** (*), José A. Cordon Muñoz (**), Alberto Gutiérrez Gómez (*), María J. González López (**), Ángela Nuñez Castaín (**), Juan M. Olazabal Malo de Molina (**), Segundo Polanco Lequerica (**), Beatriz Porras Pomares (**), Begoña Sánchez Madariaga (*), Cecilia Valero Revenga (**)

(*) Dpto. de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación
(**) Dpto. Matemática, Estadística y Computación
Universidad de Cantabria

Resumen:

El proyecto LEMAT nació hace dos años, tomando como marco las nuevas propuestas educativas basadas en el aprendizaje y el uso de las NTICs, como propugna el Espacio Común Europeo de Enseñanza Superior, y dada la falta de consolidación de la base matemática del alumno en los diversos niveles educativos.

Hasta este momento hemos elaborado material correspondiente a ciertos temas, y hemos llevado a cabo en el curso 03-04 una experimentación con los alumnos de Ingeniero Químico, Ingeniero Industrial, Ingeniero de Telecomunicación y Matemáticas, de la Universidad de Cantabria. El uso del material multimedia de LEMAT se basa en la puesta en práctica de un método de enseñanza basado en el proceso de aprendizaje del alumno, en el que se trata de reducir el tiempo de clase magistral a favor de una mayor participación del alumno en clases dirigidas.

Este trabajo pretende presentar el material disponible hasta el momento y analizar esta primera experimentación realizada tanto en la Universidad como en varios Institutos de Bachillerato, intentando evaluar no sólo el material utilizado, sino también el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se puede navegar por el contenido de LEMAT en la dirección:

http://aulavirtual.unican.es:8000/public/LEMAT_1/index.html

1. Antecedentes y Motivación.

Es un hecho constatado entre el profesorado universitario que imparte docencia en asignaturas de Matemáticas dentro de los primeros cursos de cualquier ingeniería o licenciatura de carácter científico, el escaso nivel matemático de base de los alumnos de nuevo ingreso en la Universidad y su actitud pasiva, en muchas ocasiones, para el aprendizaje.

En nuestra opinión, existe un conjunto de razones que pueden explicar o justificar el hecho estadístico indiscutible de que las asignaturas de Matemáticas, o relacionadas con ellas, presentan en general los índices de fracaso más altos dentro de los primeros cursos.

La Matemática es el lenguaje y la herramienta básica para el desarrollo de casi todas las otras asignaturas en cualquier titulación científico-técnica, e incluso de materias de otras titulaciones que presentan situaciones cuya interpretación requiere modelos matemáticos (economía, geografía, ...). Por ello, el fracaso demasiado elevado en las asignaturas de Matemáticas implica un aumento artificial de la dificultad del resto de las materias de los primeros cursos.

Por otro lado, las tan discutidas Pruebas de Acceso a la Universidad han propiciado el único punto de encuentro real entre el profesorado de enseñanza secundaria y universitaria, a través de los coordinadores de las citadas pruebas. A modo de ejemplo, destacamos el hecho de que en el curso 2000-2001 en Cantabria sólo el 34,6% de los alumnos LOGSE ha superado en Matemáticas la nota de 5.0 en las Pruebas de Acceso en la convocatoria de Junio.

La creación de un libro electrónico tiene como uno de sus fines reducir la diferencia existente entre la preparación que el alumno al acabar el Bachillerato posee y la formación que al acceder a la Universidad se demanda al alumno. El proyecto LEMAT consiste en desarrollar el material adecuado y experimentarlo en el aula, tanto en la enseñanza secundaria como en la universitaria. Para lograr este fin nos proponemos que este e-libro :

- Contenga los conceptos matemáticos básicos y de interés común a ingenierías y licenciaturas de ciencias.
- Desarrolle los tópicos a tratar desde distintas perspectivas y niveles que sean sugerentes y prácticos para el alumno.
- Favorezca la adquisición de destrezas en planteamiento y resolución de problemas.
- Incluya la utilización de ciertos paquetes de Cálculo Científico.
- Integre un sistema de evaluación del progreso del alumno.
- Ofrezca un servicio de atención al alumno para resolver las dudas o cuestiones que le puedan surgir durante el uso del material.

Y todo esto apoyándonos en el uso del ordenador, porque en la actualidad constituye una inmejorable herramienta de apoyo a la comprensión de los conceptos matemáticos. En virtud de su capacidad de cálculo simbólico y numérico, permiten visualizar muchos objetos matemáticos que no hace mucho sólo eran accesibles mediante un gran esfuerzo de abstracción.

2. El Grupo y el Método de trabajo.

El proyecto LEMAT nació hace dos años, tomando como marco las nuevas propuestas educativas basadas en el aprendizaje y el uso de las NTICs, como propugna el Espacio Común Europeo de Enseñanza. El grupo está formado por profesores de los departamentos de la Universidad de Cantabria de Matemáticas, Estadística y Computación (5 profesores) y de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación (3 profesores), tres profesores de sendos Institutos de Enseñanza Secundaria de la región (I.E.S. Las Llamas e I.E.S. Alberto Pico de Santander, I.E.S. Valle del Saja de Cabezón de la Sal) y un becario de apoyo técnico.

El método de trabajo adoptado ha sido el siguiente:

- Reuniones periódicas del grupo (aproximadamente 1 día/semana, 3 horas/día). En ellas se pone en común el trabajo realizado por cada uno de los integrantes del grupo y se reparten tareas a desarrollar.
- Utilización de un foro privado. Además de usar las funciones de comunicación (correo y foro de debate), en él se depositan y organizan los trabajos, documentos, ensayos, ideas, opiniones, etc., que se generan o son de interés del grupo.

La Estrategia de actuación ha consistido en:

- Formación del grupo desarrollador.
- Elaboración de un método de trabajo.
- Elección de herramientas de trabajo.
- Diseño del material a construir.
- Construcción del material.
- Ensayo y corrección.
- Promoción e implantación de los materiales y prácticas generadas.
- Investigación y desarrollo.

3. Los materiales didácticos y su uso.

3.1. Los contenidos.

- Se han diseñado una serie de unidades didácticas que corresponden a los contenidos propios de 1º y 2º de Secundaria y 1º de Universidad. Estas unidades se han organizado por módulos y por niveles. Los primeros corresponden a temas y los últimos, en caso de existir varios, corresponden a Iniciación (Nivel I), Consolidación (Nivel II) y Ampliación de un tema (Nivel III).

Estas unidades se han incorporado a la plataforma WebCT, software adoptado por la Universidad de Cantabria como gestor de recursos para docencia en la Web.

- Los contenidos se muestran de manera que se pasa progresivamente de lo concreto a lo abstracto, de lo particular a lo general. Contienen abundantes ejemplos introductorios que despierten la inteligencia del alumno y le hagan participe en el trabajo creativo del descubrimiento de las reglas o conceptos más abstractos, procurando que éstos surjan como un resultado natural de una razonable reflexión.

El lenguaje de *marcas de hipertexto* (HTML, XML) permite que Lemat pueda emplearse de manera secuencial, como un libro, o bien navegando por sus contenidos y permitiendo que el usuario elija su propio recorrido.

Para las expresiones matemáticas se ha usado el estándar MathML, con lo que cada componente de una fórmula lleva una etiqueta HTML. Esto nos permite, además de una muy buena presentación, su posible uso para la realización de cálculos, por ejemplo empleando JavaScript, en alguno de los laboratorios que se han incluido.

- El material tiene un fuerte carácter interactivo para permitir al alumno la experimentación y el ensayo de ideas y ejercicios. Esta interactividad se concreta con las siguientes herramientas:
 - “Laboratorios” como herramientas de cálculo.
 - Ejercicios para la introducción de nuevos conceptos que permiten la intervención del alumno.
 - Ejercicios de comprensión, para comprobar los conocimientos adquiridos.
 - Applets dinámicos, para mostrar y afianzar conceptos o para efectuar cálculos con ellos.
- Se ha intentado que sea fácil y agradable de manejar.

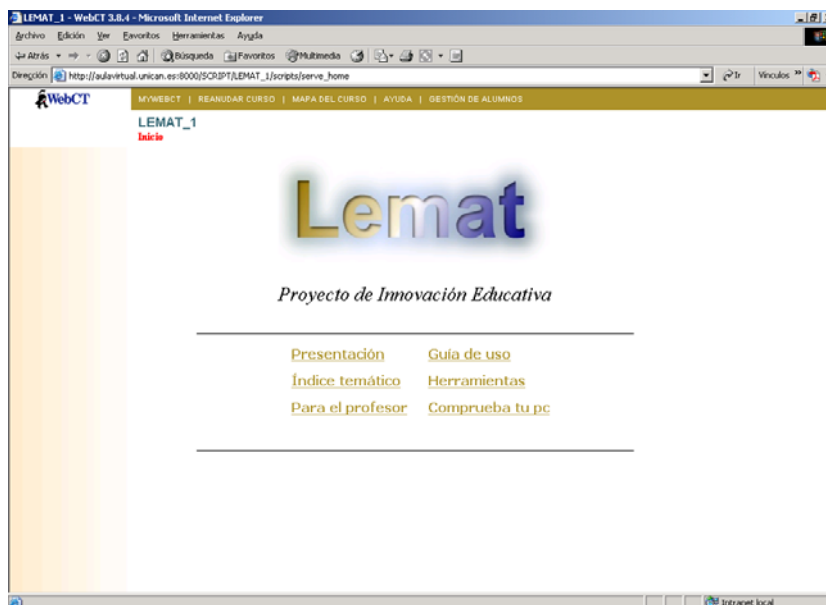
3.2. Las “herramientas de comunicación”.

Se establece un servicio de correo, a través de Internet, soportado por WebCT para cada grupo de alumnos. En cualquier momento el alumno (o el profesor) puede comunicarse con sus compañeros o con el profesor a través de este servicio.

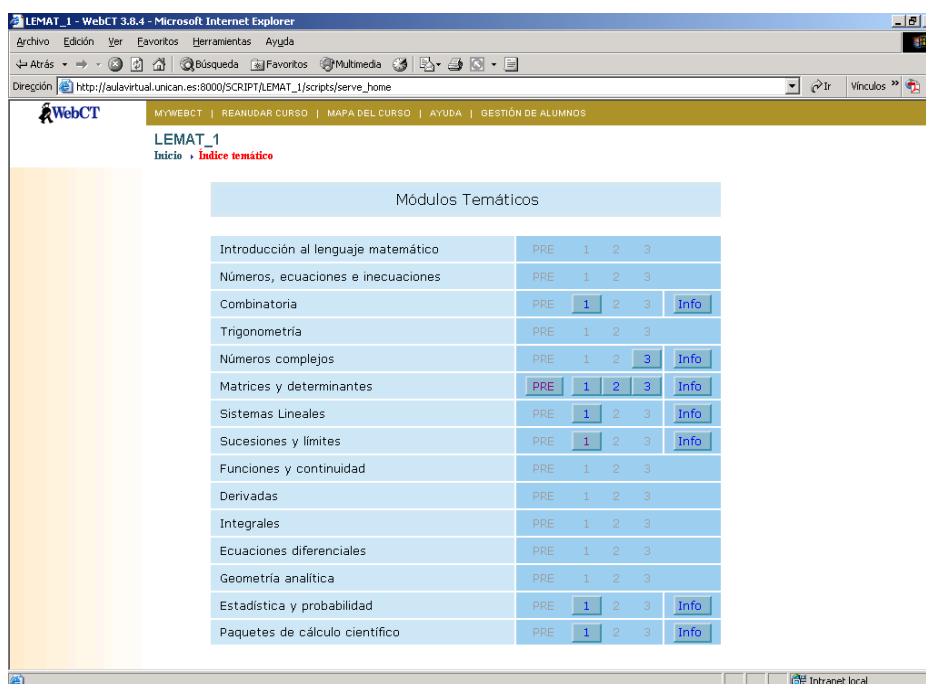
Igualmente, también a través de Internet, se crea un “foro” soportado por WebCT en el que cada usuario puede colocar las aportaciones, dudas, propuestas,...que considere oportunas. Igual que en los foros de Internet, los usuarios pueden encadenar mensajes, siendo posible también la contestación privada. De esta manera se evita que el alumno se enfrente “sólo” al ordenador cuando está conectado desde casa.

3.3. El uso de las unidades didácticas.

- ✓ Al acceder a Lemat el usuario se encuentra con una “*Guía de uso*” y la herramienta “*Comprueba tu PC*” , para analizar si el software instalado en su equipo es el adecuado, facilitándole las direcciones URL para obtener las actualizaciones necesarias o software de libre disposición.



- ✓ En esta misma página de comienzo aparece el enlace al “*Índice temático*” que le lleva a los contenidos, que hemos organizado en los distintos “*Módulos Temáticos*”.



- ✓ Para cada “*Módulo Temático*” se facilitan cinco botones:
 - PRE** conduce a un examen tipo WebCT (on line) que califica al usuario cuando éste lo desee, recomendándole en cuál de los tres niveles debe comenzar el módulo temático.
 - 1** da acceso al nivel 1, correspondiente a nuestro bachillerato; sus contenidos se pueden corresponder con 1º, 2º o ambos.
 - 2** da acceso al nivel 2, que trata de complementar los conocimientos del bachillerato en aquellos aspectos que mayor importancia puedan tener

para las Matemáticas que aprenderán en la Universidad, permitiendo así solapar los contenidos del bachillerato y la Universidad.

3 da acceso al nivel 3, que es el propio de la Universidad, en los primeros cursos de sus licenciaturas e ingenierías.

info es una pequeña información sobre el módulo en cuestión, proporcionando de forma esquemática los objetivos, contenidos,de los distintos módulos.

- ✓ Cada módulo o unidad didáctica comienza con una página “*En este nivel aprenderás*”, una breve descripción de lo que se aprenderá. Se inicia cada unidad proponiendo actividades o ejercicios que motiven la introducción de nuevos conceptos o procedimientos.; estas actividades, que aparecen no solo al principio de cada tema sino cada vez que se proponen nuevos conceptos, tratan de enlazar los conocimientos del alumno con los que el propio tema trata de desarrollar; todo ello hace que los nuevos aprendizajes tengan un alto grado de “significatividad”.
- ✓ La unidad se va desarrollando a través de un cuerpo principal que incluye o propone ejemplos, ejercicios y actividades; aparecen vínculos a otros ejercicios, demostraciones, laboratorios,Algunos de éstos deben ser visitados en una primera lectura, mientras que otros son de carácter complementario o incluyen demostraciones o exposiciones más formales que las que aparecen en el cuerpo principal, otros dirigen al alumno a laboratorios para que “experimente”,...
- ✓ Se promueve el empleo de paquetes de cálculo científico como “Derive”, “Matlab” o “Minitab”, y se incluyen actividades con hojas de cálculo.
- ✓ Cada unidad aparece salpicada de varias autoevaluaciones, para que el alumno pueda ir comprobando su avance; estas autoevaluaciones están diseñadas en HTML y JavaScript, se ejecutan en el ordenador del alumno, no quedando registro de las mismas y pudiendo contestar a estos cuestionarios cuantas veces desee.

4. La experimentación en el aula.

4.1.Contenidos y temporización.

Durante el curso 2003-2004 se han llevado al aula diversos módulos, con los datos que se muestran en la siguiente tabla:

Estudios	Curso	Alumnos	Asignatura	Tema
I. Telecomunicación	1º	90	Fundamentos Matemáticos I	Nº.Complejos (Nivel III)
I. Industrial	1º	100	Álgebra Lineal	Matrices (Nivel III)
I. Química	1º	80	Álgebra Lineal	Matrices (Nivel III)
C. Matemáticas	1º	21	Álgebra Lineal I	Matrices (Nivel III)
IES “Las Llamas”	2º Bach.	10	Matemáticas II	Matrices (Nivel I)
IES “Alberto Pico”	2º Bach.	12	Matemáticas II	Matrices (Nivel I)
IES “Valle del Saja”	2ºBach.	11	Matemáticas II	Matrices (Nivel I)

En la elección del tema influyó notablemente el deseo de llevar a cabo la experiencia al principio del curso. Las razones fueron principalmente dos: en esta época el alumno tiene menos carga de trabajo y a la vez los temas elegidos no son, en ninguno de los casos, nuevos para él. De esta manera hemos pretendido una mayor implicación en la novedosa propuesta que se les estaba haciendo.

Los Institutos participantes son una muestra suficientemente representativa de los I.E.S. de la región, con centros de entorno rural y otros de entorno urbano. El tema elegido, Matrices(nivel I), se incluye en la programación de Álgebra de 2º de bachillerato de Ciencias de la Naturaleza y la Salud. Previo a este tema se ha trabajado en el aula, de forma tradicional, el tema “Resolución de Sistemas Lineales por el método de Gauss”.

En la Universidad se ha llevado a cabo la experimentación en los centros y cursos mostrados en la tabla anterior.

4.2. Desarrollo de la experiencia.

Al comienzo de la primera sesión se les entregó un pequeño guión (“Hoja 0”) para que tuviesen una idea de cómo está diseñada la herramienta informática a utilizar y el entorno WebCT. Así mismo unos días antes se les explicó en que iba a consistir la experiencia y el concepto de “crédito europeo” a utilizar en un futuro cercano.

Se ha estudiado un tema conectados directamente al Aula Virtual de la Universidad de Cantabria, para lo cuál cada alumno disponía de una clave personal de acceso. En el caso de Ingeniero de Telecomunicación y los tres I.E.S., sin explicación previa tradicional (en la pizarra), en las otras tres titulaciones con 40% de los créditos asignados al tema, impartidos en forma de clase magistral clásica. En todos los casos los alumnos debían seguir el módulo Lemat de forma autónoma y los profesores les asistían en sus dudas y preguntas requeridas. Los alumnos también han dispuesto de un foro electrónico al que podían acudir desde lugares distintos al aula para consultar al profesor o para discutir cuestiones con sus compañeros. Una vez terminada la sesión de trabajo, también podían plantear sus dudas en el foro.

Al final de cada sesión se les entregaban unas hojas de trabajo que recogían las definiciones y conceptos teóricos aprendidos ese día. Los ejercicios que se iban planteando en las hojas de trabajo eran fundamentalmente iguales que los ejercicios resueltos en la aplicación Lemat, para conseguir que los alumnos cogieran habilidad en la técnica de resolverlos. Finalmente había ejercicios propuestos cuya dificultad exigía un cierto nivel de abstracción para poderlos resolver. Estos últimos debían formar parte del trabajo personal del alumno, para que madurase durante la semana lo aprendido en cada sesión. La mayoría de los alumnos no los consiguieron resolver.

Otro de los fines que se pretendía era que las hojas sirvieran como material para repasar a la hora de preparar el examen.

El método de enseñanza utilizado, *aprendizaje por descubrimiento*, no es el más habitual en las clases normales. Primero se realizaron una serie de ejercicios basados en conocimientos previos para pedirles a los alumnos a continuación que extrajesen conclusiones sobre los hechos, pudiendo en este momento ponerles de manifiesto definiciones, operaciones o propiedades surgidas de dicha actividad.

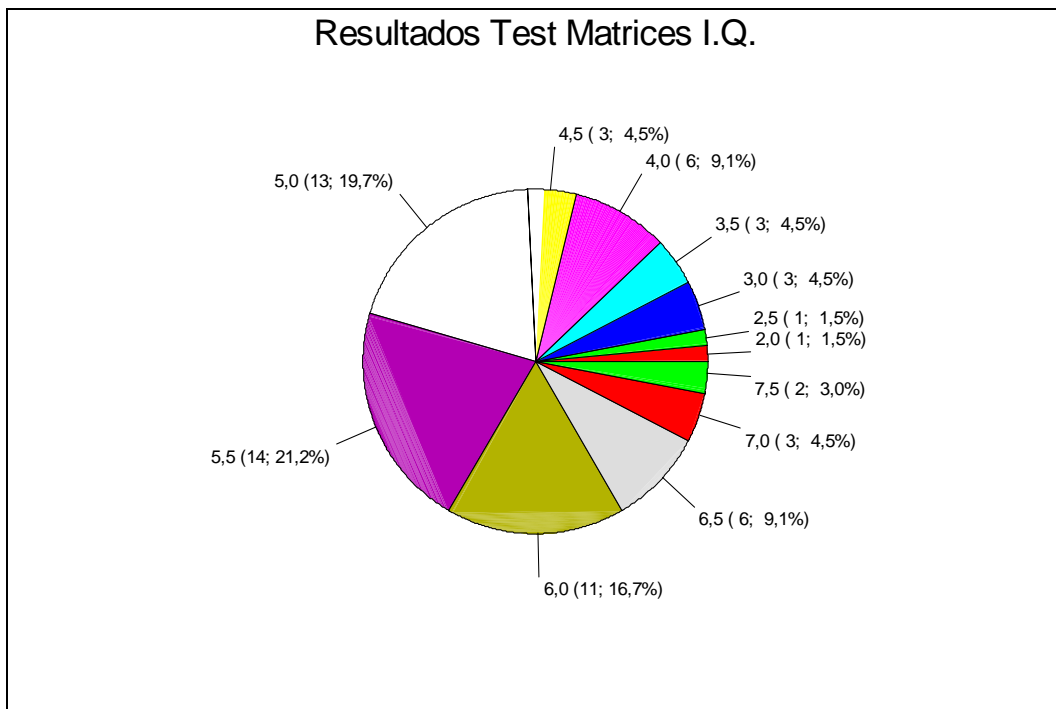
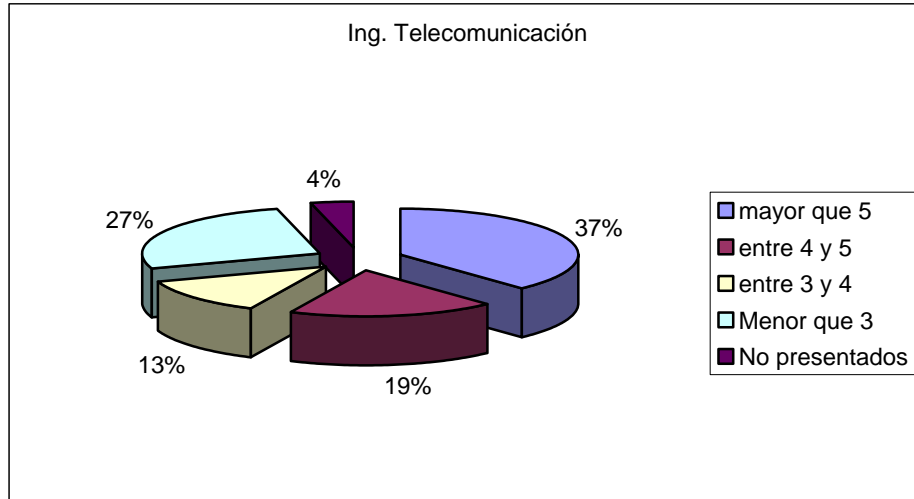
El método exige del alumno colaboración y esfuerzo, sin rendirse preguntando al profesor, con lo que se consigue un aprendizaje más significativo. No es fácil conseguir de ellos la colaboración necesaria.

4.3. Evaluación de la experiencia.

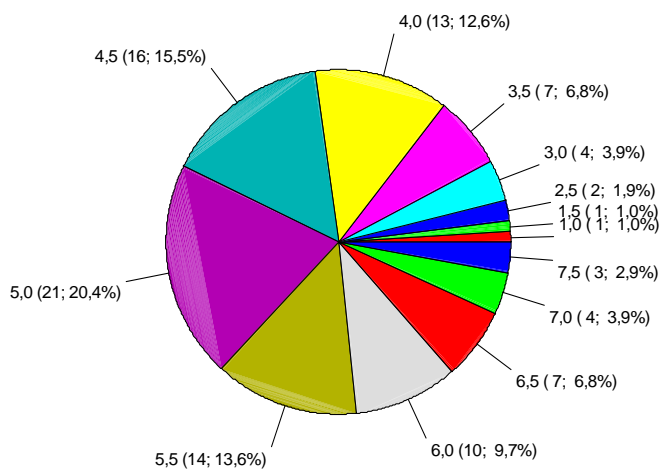
Se ha evaluado en dos vertientes distintas: los conocimientos adquiridos por los alumnos y la evaluación del método utilizado, o sea de Lemat.

❖ Evaluación de conocimientos.

Los resultados del examen realizado al final varían poco de unos grupos a otros.



Resultados Test Matrices I.I.



Centro	Nota media
IES "Las Llamas"	7.14
IES "Alberto Pico"	7.44
IES "Valle del Saja"	5.89

❖ Evaluación del método:

Se ha pasado una encuesta a los alumnos antes del examen de evaluación del aprendizaje realizado. Vuelve a destacar en las encuestas la importante homogeneidad en las respuestas de los alumnos de todas las experiencias. Muestran, en general, una alta valoración de los medios informáticos puestos a su disposición y de la estructura, contenidos y metodología de Lemat. En las preguntas en las que se indaga acerca de la actitud ante Lemat y ante los medios informáticos, la valoración disminuye a la vez que se aprecia una cierta bipolaridad en estas cuestiones; se encuentran, y así es ratificado más tarde en las preguntas de carácter abierto, posiciones más antagónicas, entre quienes están a favor y los que están en contra.

Cuando, por último, se les pregunta a los alumnos acerca de cómo emplear Lemat, se decantan mayoritariamente a favor de la opción *"como complemento para consulta y aprendizaje, tanto fuera de las aulas, en casa, como en las propias clases"* y muy pocos son partidarios de un uso generalizado en la forma en que se ha hecho.

El enfoque, de carácter constructivista, en el que el alumno llega a los conceptos y a los procedimientos a través de la presentación previa de problemas, ejercicios, situaciones, datos, etc, que promueven el avance en los conocimientos, hace que el nivel de "significatividad" de los aprendizajes realizados de esa forma sea alto.

Además, la propia estructuración de los temas, que los medios informáticos facilitan a través de "tablas de contenidos", menús, glosarios, etc, hace que el módulo

pueda ser usado de forma alternativa o complementaria como “guía”, “referencia” o “manual de consulta”, a la que el alumno accede de forma rápida y flexible. Esto significa, por tanto, que si bien las experiencias finalizaron, los alumnos van a seguir usando a lo largo del curso, de una manera más libre, en todos los módulos y herramientas que Lemat va incorporando.

En otro orden de cosas, el comportamiento de los alumnos ha sido francamente bueno, acogiendo con gran interés la experiencia y trabajando a diario en el aula. Como dato negativo cabe señalar, como ya se indicaba en el apartado dedicado al “desarrollo de la experiencia”, el escaso uso que los alumnos dieron a las herramientas de “comunicación” de WebCT.

En definitiva, la valoración de la experiencia es muy positiva y ha estado por encima de las expectativas previas a la realización de la misma.

5. Conclusiones.

A pesar de la diversidad de los grupos de alumnos con los que se ha trabajado, se ha llegado a muchas conclusiones comunes. Las más significativas son:

- La implantación de los medios informáticos en los centros educativos, y en la sociedad en general, está **avanzando** muy rápidamente, pero aún necesitan ser mejorados para que las herramientas disponibles se puedan utilizar con todo su potencial. Por otra parte estas herramientas también están en fase de desarrollo, pues cada día se van mejorando las que existen y aparecen nuevas y con mayores prestaciones.
- El poco **tiempo** asignado en los planes de estudio universitarios para asignaturas de Matemáticas restringen el uso de los medios informáticos que requerirían disponer de más tiempo.
- La interactividad de las páginas de Lemat permite al alumno participar más directamente en el proceso de aprendizaje. Por otro lado la posibilidad de ver representado gráficamente el concepto a estudiar le desarrolla su intuición y su capacidad de análisis.
- Las clases se les hacen más **amenas**. Pero no hay que abusar pues caeríamos en el cansancio por aburrimiento de hacer siempre lo mismo. Además, las sesiones prácticas no deben tener una duración superior a hora y media.
- Usar el método de aprendizaje por **descubrimiento** con las páginas de Lemat hace éste más significativo, pero tiene que estar verdaderamente bien estructurado, pues **en caso contrario** el alumno nunca descubre lo que queremos que aprenda.
- No conviene que todo un tema sea estudiado solo con un módulo Lemat, hay que **combinarlo** con trabajo personal del alumno en hojas de trabajo o cuaderno y con explicaciones puntuales del profesor.
- Las **puestas en común** para todo el grupo son siempre de gran utilidad, sobre todo como un primer contacto en el que se describan los principales objetivos a conseguir en la sesión práctica.
- Es bueno que los alumnos trabajen **cada uno en un ordenador**, pues de esta manera se evita el que algunos no hagan nada y otros lo hagan todo. También favorece el que cada alumno trabaje a su ritmo. Las diferencias que se puedan establecer, al terminar unos antes que otros las actividades propuestas, se evitan fácilmente proporcionando actividades extras a los más adelantados.

- El alumno, en general, quiere tener algo tangible donde apoyarse, y las **hojas de trabajo** pueden ser de gran utilidad. Por otra parte les sirven de referencia o apuntes a la hora de estudiar.
- Tanto la recuperación para los alumnos más retrasados como el avanzar más para los más adelantados, así como el reforzar el trabajo personal, se podría mejorar si todos los alumnos dispusieran de un **ordenador en su casa con una buena conexión a Internet**.
- Muchos alumnos echan de menos las **explicaciones del profesor**. Este hecho creemos que es debido al método de estudio en el que todos hemos sido educados. Tradicionalmente el trabajo de búsqueda o investigación personal durante el aprendizaje no es una capacidad que hayamos desarrollado.
- No cabe duda que estamos en el comienzo de una etapa de la enseñanza en la que el ordenador e Internet juegan un papel fundamental. Depende de nosotros, los profesores, el que este objetivo se consiga de forma más rápida y eficaz; lo que no podemos hacer es volverle la espalda a una tecnología que nos invade. Pero tampoco podemos ir a ciegas creyendo que una herramienta nos va a resolver todos los problemas de la enseñanza.
- Creemos que con este tipo de experiencias e investigaciones estamos colaborando a que el **uso de las tecnologías de la información y la comunicación se haga más habitual en el mundo de la enseñanza**, aplicándolas de forma sensata y útil. Además se da cumplimiento así al espíritu que invade la L.O.U., el concepto de crédito-alumno, en el que prima el trabajo personal del estudiante frente a la clásica clase magistral.

6. Agradecimientos.

Al Ministerio de Educación, Cultura y Deportes por permitirnos la utilización de su applet configurable "Descartes.jar".

A la Consejería de Educación del Gobierno de Cantabria.

A la Universidad de Cantabria.

7. Referencias

[1] Grupo Lemat. Proyecto de Innovación Educativa. Libro Electrónico de Matemáticas (LEMAT). II Congreso de Aplicación de las Nuevas Tecnologías en la Docencia Presencial y e-Learning. Valencia 2002

[2] Grupo Lemat. "Lemat: Primeras conclusiones". Jornadas de Nuevas Tecnologías en la Innovación Educativa. ETSII, UPM. Madrid 2003.

[3] Grupo Lemat. "Lemat: Una experiencia en marcha". III Congreso de Aplicación de las Nuevas Tecnologías en la Docencia Presencial y e-Learning. Valencia 2003.