

ARTÍCULO

¿Por qué una propuesta de evaluación formativa con *feedback* automático en una asignatura de matemáticas en línea?

Teresa Sancho-Vinuesa

tsancho@uoc.edu

Directora de Investigación de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC)

Núria Escudero Viladoms

nescudero@uoc.edu

Estudiante de doctorado en Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias de la Universidad Autónoma de Barcelona

Fecha de presentación: agosto de 2011

Fecha de aceptación: febrero de 2012

Fecha de publicación: julio de 2012

Cita recomendada

SANCHO, Teresa; ESCUDERO, Núria (2012). «¿Por qué una propuesta de evaluación formativa con *feedback* automático en una asignatura de matemáticas en línea?» [artículo en línea]. *Revista de Universitat y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*. Vol. 9, n.º 2, págs. 59-79 UOC. [Fecha de consulta: dd/mm/aa]. <<http://rusc.uoc.edu/ojs/index.php/rusc/article/view/v9n2-sancho-escudero/v9n2-sancho-escudero>>

<<http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v9i2.1285>>

ISSN 1698-580X

Resumen

En este artículo se presenta una nueva estrategia docente en un curso básico de matemáticas para estudiantes de ingeniería de la Universitat Oberta de Catalunya; se describe la experiencia de su implementación en el curso 2010-2011 y se discuten los resultados obtenidos. Esta metodología, basada en la evaluación formativa, se concreta en la realización semanal de cuestionarios de práctica y de evaluación con *feedback* automático, además de la realización de actividades propias del material del curso. En la retroalimentación del sistema, no solamente se informa de la validez de la respuesta, sino que se proporcionan sugerencias y comentarios del posible origen de su error. Por un lado, los resultados obtenidos sugieren que la metodología docente implementada da a los estudiantes la

oportunidad de regular su propio proceso de aprendizaje y al profesorado, la posibilidad de detectar problemáticas y reaccionar con agilidad; por otro lado, fomenta las interacciones con contenido matemático tanto entre estudiantes como entre estudiante y profesor. Además, con esta estrategia docente, el número de estudiantes que abandonan la asignatura se ha reducido notablemente.

Palabras clave

aprendizaje basado en la actividad, evaluación formativa en línea, *feedback* automático, *feedback* inmediato, estrategia docente

A Proposal for Formative Assessment with Automatic Feedback on an Online Mathematics Subject

Abstract

This article presents a new teaching methodology implemented on a basic mathematics course for Engineering students at the Open University of Catalonia (UOC). The experience of its implementation in the 2010/11 academic year is described and the results are discussed. This methodology is based on formative assessment. As well as doing the activities contained in the course materials, students take weekly practice and assessment quizzes and receive automatic feedback. Not only are they told whether their answers are correct, but they also receive suggestions and comments on the possible sources of their errors. The results suggest that this teaching methodology gives students the opportunity to regulate their own learning processes while allowing lecturers to identify and react to problems in a responsive, timely manner. They also suggest that it fosters interaction among students and between students and lecturers. Moreover, since the teaching methodology was introduced, the number of students dropping out of the subject has fallen considerably.

Keywords

activity-based learning; online formative assessment; automatic feedback; immediate feedback; teaching methodology

1. Introducción

La presencia de contenidos matemáticos en estudios de ingeniería es tradicionalmente motivo de debate y controversia. Aunque el porqué, el cómo y en qué medida deben introducirse es tradicionalmente discutido, las directrices del Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno español para la elaboración de los planes de estudio de los grados en el ámbito científico y tecnológico son claras (BOE 260 de 30/10/2007, 18770). Por un lado, se subraya la conveniencia de realizar un diseño de los grados con formación en competencias básicas dentro de cada rama de conocimiento. Por otro, se incluyen con carácter de obligatoriedad los fundamentos de cálculo, álgebra lineal y estadística descriptiva en la mayoría de ellos. Efectivamente, un futuro graduado de Ingeniería debería ser capaz de manejar objetos matemáticos y tratar datos numéricos mediante técnicas estadísticas básicas. Pero la realidad demuestra que existen serios problemas para que esto ocurra.

Los pobres resultados académicos de los estudiantes de primeros cursos, las evidencias de una falta de dominio de los conceptos básicos de matemáticas y su aplicación a problemas concretos

provocan, especialmente en las áreas de física y matemáticas, un cierto malestar difuso (López-Gay, 2001). Malestar que provoca, en muchos casos, un replanteamiento de la práctica educativa, de la idoneidad de las estrategias docentes y el sistema de evaluación, y la incorporación de herramientas telemáticas para el aprendizaje. En estudios en línea, la tecnología forma parte del contexto educativo y la metodología de aprendizaje es radicalmente distinta.

En este artículo presentaremos una innovación docente en una asignatura de matemáticas básicas en línea, basada en un modelo de aprendizaje centrado en la actividad del estudiante mediante una herramienta de evaluación y *feedback* automáticos. Analizaremos la influencia de esta metodología en el seguimiento de la asignatura, en el grado de implicación de los estudiantes y en la tasa de abandono.

2. El *feedback* inmediato, un factor clave para la evaluación formativa

Situados en el marco de la educación en línea, el modelo de evaluación que se propone incorpora a la evaluación sumativa instrumentos para promover la evaluación formativa. Para definir evaluación formativa nos basamos en la definición de Black y Wiliam (2009) adaptada al contexto de aprendizaje en línea. Así, consideramos que una actividad es formativa si las evidencias sobre los logros de los estudiantes son obtenidos, interpretados y usados por los estudiantes para decidir qué pasos seguir en su proceso de enseñanza-aprendizaje.

Una revisión de la literatura sobre la investigación en evaluación formativa en educación superior en línea permite afirmar a Gikandi y otros (2011) que si se validan la viabilidad, la fiabilidad y cómo evitar el fraude en un modelo de evaluación, la evaluación formativa en línea puede funcionar como estrategia pedagógica innovadora. Para ello, esta evaluación debe facilitar: un compromiso con procesos de aprendizaje críticos, la promoción de una educación equitativa y un *feedback* inmediato y formativo. Según estos autores, la evaluación formativa en línea contribuye a crear entornos de aprendizaje atractivos y promueve interacciones significativas del estudiante con los demás participantes y la interacción del estudiante consigo mismo, por ejemplo, mediante cuestionarios autocorregibles.

Tal y como se ha expuesto, uno de los factores para que la evaluación formativa funcione es la existencia de un *feedback* inmediato y formativo. Para valorar si el *feedback* es formativo, tomamos como referente el modelo conceptual de procesos de autorregulación de Nicol y Macfarlane-Dick (2006) que tiene en consideración el *feedback* interno (generado por el estudiante) y el *feedback* externo. En el presente trabajo nos centraremos en el externo. Nicol y Macfarlane-Dick definen una buena práctica del *feedback* en relación con aquello que pueda fortalecer la capacidad de los estudiantes de autorregular su aprendizaje y establecen siete principios que caracterizan una buena práctica:

1. ayuda a clarificar qué es un buen rendimiento
2. facilita el desarrollo de la autoevaluación en el aprendizaje
3. ofrece a los estudiantes información de alta calidad sobre su aprendizaje
4. fomenta el diálogo con el profesorado y los compañeros sobre el aprendizaje

5. fomenta creencias motivacionales positivas y autoestima
6. ofrece oportunidades de acercar el rendimiento actual y el deseado
7. suministra información al profesorado que puede ayudar a dar forma a la enseñanza

Otro aspecto de interés con relación al *feedback* formativo es la influencia que puede tener en el compromiso del estudiante. Efectivamente, el abandono de los estudios en el caso de estudiantes adultos es un problema característico de la educación superior en línea, sobre todo en asignaturas de matemáticas y física en ingeniería en las que el índice de abandono es alto (Smith y Ferguson, 2005). Si bien debemos tener en cuenta que hay muchos factores y de diferente índole que pueden influir en la perseverancia del estudiante (Castles, 2004), el *feedback* formativo puede promover el compromiso del estudiante así como mejorar su motivación para aprender (Crisp y Ward, 2008).

3. Propuesta docente en la asignatura de Iniciación a las matemáticas para la ingeniería

La estrategia docente que aquí proponemos se ha desarrollado en una asignatura de matemáticas básicas para futuros graduados de Ingeniería Informática o Telecomunicaciones de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC): Iniciación a las matemáticas para la ingeniería. Los objetivos básicos de la asignatura son dos: a) adquirir la terminología, las técnicas y los conceptos fundamentales del álgebra y del análisis matemático y b) aplicar adecuadamente los conceptos matemáticos estudiados.

La necesidad de mejorar la calidad docente en las asignaturas de matemáticas de las ingenierías y la experiencia durante más de diez años en este tipo de entornos nos han llevado a plantear un diseño centrado en la actividad del estudiante, seguida y regulada mediante una herramienta de evaluación (semi)automática con *feedback* también (semi)automático. El desarrollo de este diseño se ha llevado a cabo en el marco de un proyecto de innovación docente que ha permitido concretar el diseño del curso, elaborar los cuestionarios mediante WIRIS Quizzes (www.wiris.com) y llevar a cabo la prueba piloto. Teniendo en cuenta que hacer, verbalizar, equivocarse es, según demuestran muchos estudios, la mejor manera de desarrollar las competencias matemáticas básicas (Prince, 2004), se ha diseñado una metodología de aprendizaje basada en el estudio de cada tema a través de la realización de actividades y cuestionarios tanto de práctica como de evaluación. Estos cuestionarios, cuyos enunciados están parametrizados, constituyen un banco infinito de ejercicios para cada tema con la correspondiente corrección automática.

Concretamente, la asignatura se organiza en dos bloques, el de Álgebra y el de Análisis. En el primero hay 5 temas: números, ecuaciones, sistemas, polinomios y matrices. En el segundo, 6 temas: funciones polinómicas, funciones trigonométricas, exponencial y logaritmo, continuidad, derivación e integración. Para cada tema hay un cuestionario de práctica y uno de evaluación y, al final de cada bloque, un cuestionario de síntesis. Ello se traduce en un total de 26 cuestionarios. Los de práctica pueden realizarse en cualquier momento y tantas veces como se quiera; los de evaluación tienen fechas de inicio y de cierre y, en este período, una vez abierto, el estudiante tiene dos días para enviarlo.

La tipología de las cuestiones es diversa: múltiple opción, verdadero-falso o respuesta corta. La particularidad de los cuestionarios de evaluación es que incluyen una pregunta abierta cuya respuesta debe ser razonada por el estudiante y corregida por el profesor (de aquí que muchas veces hablemos de *feedback* o corrección semiautomática). El estudiante no solamente obtiene una calificación con indicación de la validez de la respuesta sino que recibe comentarios sobre el posible origen del error cometido y sugerencias al respecto. Se registra la nota de cada cuestionario de evaluación y la nota final de cada bloque es la media de todos ellos menos uno (el de puntuación menor) con una condición: la media de las preguntas que deben responderse de forma razonada menos una (la de puntuación menor) debe ser como mínimo de aprobado.

La implementación de la estrategia propuesta se ha llevado a cabo en los dos semestres del curso 2010-2011, en un aula de 49 estudiantes en el primer semestre y de 41 en el segundo.

4. Resultados de la experiencia

A continuación presentamos los resultados correspondientes a la realización de cuestionarios de práctica y de evaluación, a la interacción entre estudiantes y entre estudiantes y profesor, y al índice de abandono de la asignatura. Aunque los resultados principales corresponden al curso 2010-2011, también se muestran resultados de semestres anteriores a la implementación del modelo propuesto.

4.1. Realización de cuestionarios

Antes de presentar los resultados obtenidos es necesario exponer algunos elementos que pueden marcar algunas diferencias entre los dos semestres en los que se ha implementado la nueva metodología. En el primer semestre del curso 2010-2011, surgieron problemas técnicos que impidieron la realización de cuestionarios del primer tema (Números), que sí se pudo realizar correctamente en el segundo semestre. En el segundo semestre, hay dos pruebas más en el bloque de Análisis ya que, dadas las dificultades observadas en los temas de Derivación e Integración, decidimos dedicar dos semanas y dos cuestionarios al estudio de cada uno de estos temas (en lugar de la dedicación habitual de una semana).

En este apartado exponemos los resultados correspondientes al número de intentos de los estudiantes del cuestionario de práctica tema a tema, a la relación entre la realización de cuestionarios de práctica y las notas obtenidas en la evaluación del tema correspondiente y a los perfiles de estudiante con relación a la realización de cuestionarios a lo largo de cada bloque.

En las figuras 1 y 2 presentamos la distribución del número de intentos realizados de cada cuestionario de prácticas, en los dos semestres del curso 2010-2011. Para ello, se agrupan los estudiantes de la forma siguiente: aquellos que no realizan ningún intento del cuestionario de práctica, aquellos que solo realizan un intento y aquellos que realizan dos o más (se han llegado a realizar hasta un máximo de trece intentos en alguna ocasión). Se considera que un estudiante ha realizado un intento cuando abre el cuestionario, aunque no llegue a enviarlo para obtener la calificación correspondiente.

Figura 1. Porcentaje de estudiantes que realizan 0, 1 y 2 o más intentos del cuestionario de práctica. Primer semestre del curso 2010-2011.

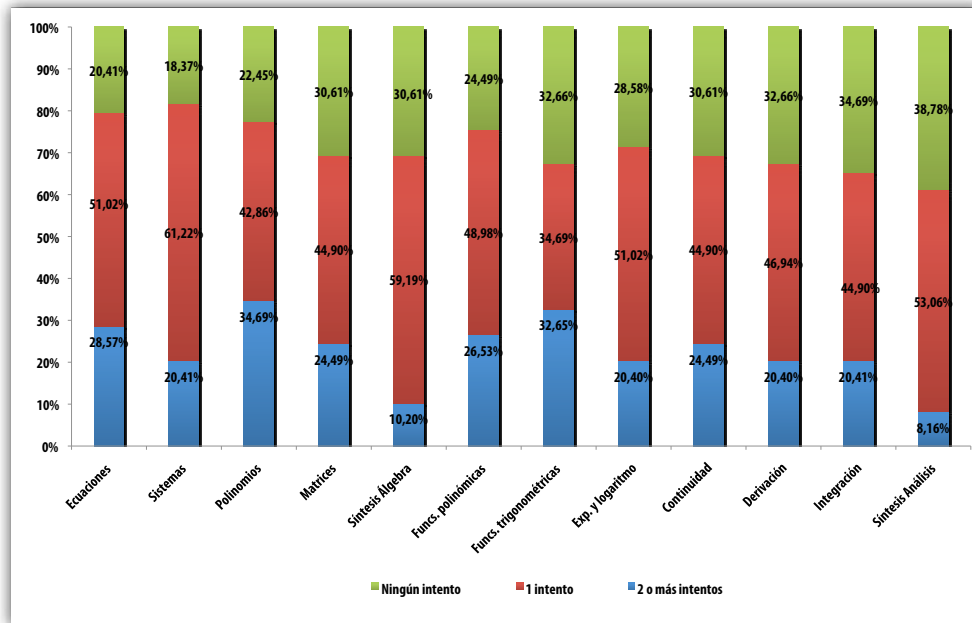
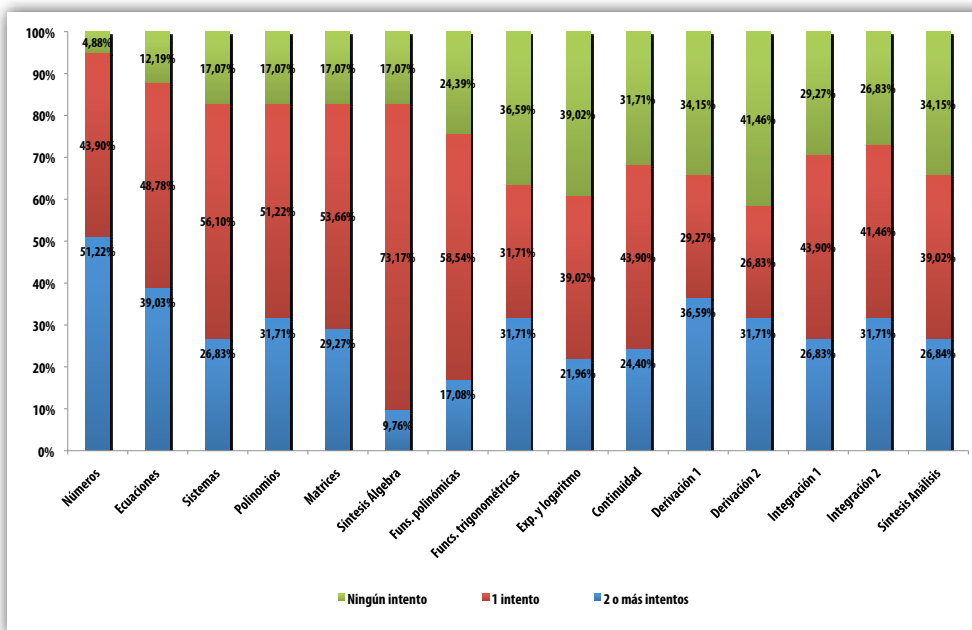


Figura 2. Porcentaje de estudiantes que realizan 0, 1 y 2 o más intentos del cuestionario de práctica. Segundo semestre del curso 2010-2011.



En el primer semestre observamos la disminución del número de intentos en los cuestionarios de síntesis.

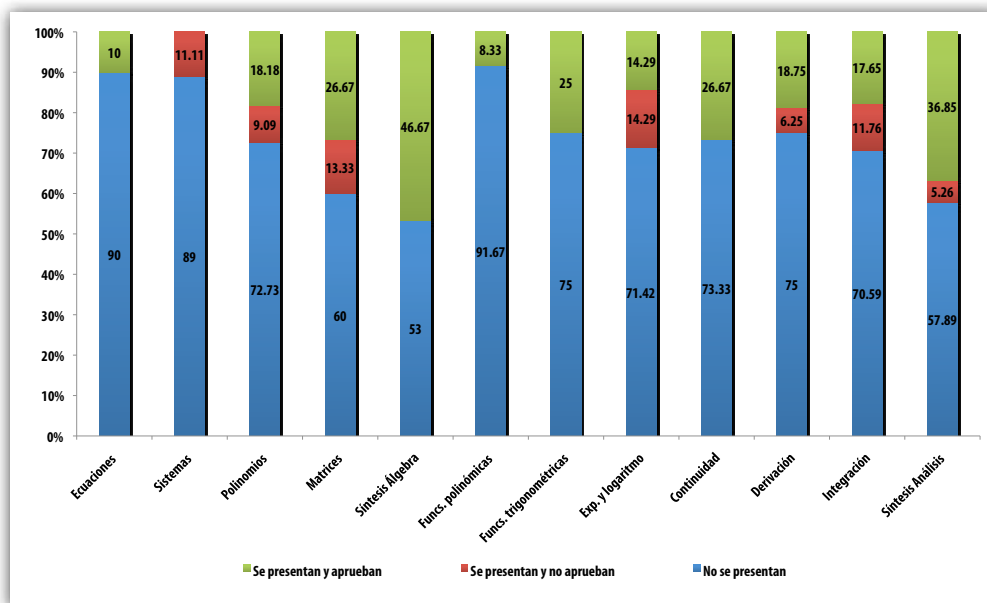
En el segundo semestre destacamos la diferencia entre el comportamiento de los estudiantes en la realización de cuestionarios en el bloque de Álgebra respecto al bloque de Análisis. Si bien en el bloque de Álgebra el porcentaje de estudiantes que no realizan ningún intento es bajo y estable alrededor del 15%, en el bloque de Análisis estos porcentajes se llegan a doblar. Además, observamos

que al inicio del semestre, en los temas sobre Números y Ecuaciones, el porcentaje de estudiantes que realizan 2 o más intentos es de 50,22% y 39,03% respectivamente, claramente superior al porcentaje de estudiantes que realizan 2 o más intentos en el resto de los temas del semestre. Estos altos porcentajes de realización de 2 o más intentos probablemente se deban a la novedad de la herramienta. Observamos que este porcentaje vuelve a estar por encima del 30% en los cuestionarios de Derivación, especialmente en la primera parte del tema, Derivación 1.

A continuación mostramos los resultados de realización de cuestionarios de práctica con relación a los resultados obtenidos por los estudiantes en el cuestionario de evaluación correspondiente. Para simplificar la lectura de los resultados mostramos el porcentaje de estudiantes que no se presentan a la prueba de evaluación, el de los que se presentan y no aprueban, y el de los que se presentan y aprueban, sin entrar en el detalle de las notas obtenidas. Antes de presentar estos resultados debemos explicar que, en el segundo semestre, no hay datos sobre el cuestionario de evaluación de funciones trigonométricas porque no se pudo realizar debido a una incidencia técnica.

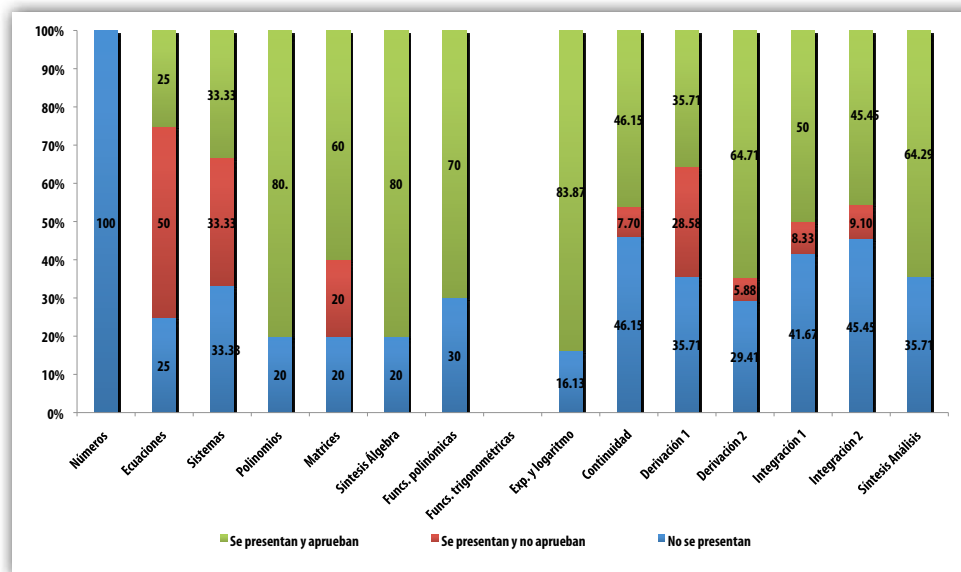
En las figuras 3 y 4 presentamos los porcentajes correspondientes a resultados obtenidos en la evaluación por aquellos estudiantes que no realizaron ningún intento del cuestionario de práctica en cada uno de los semestres.

Figura 3. Porcentajes de resultados obtenidos en la evaluación por estudiantes que no han realizado ningún intento en el cuestionario de práctica. Primer semestre del curso 2010-2011.



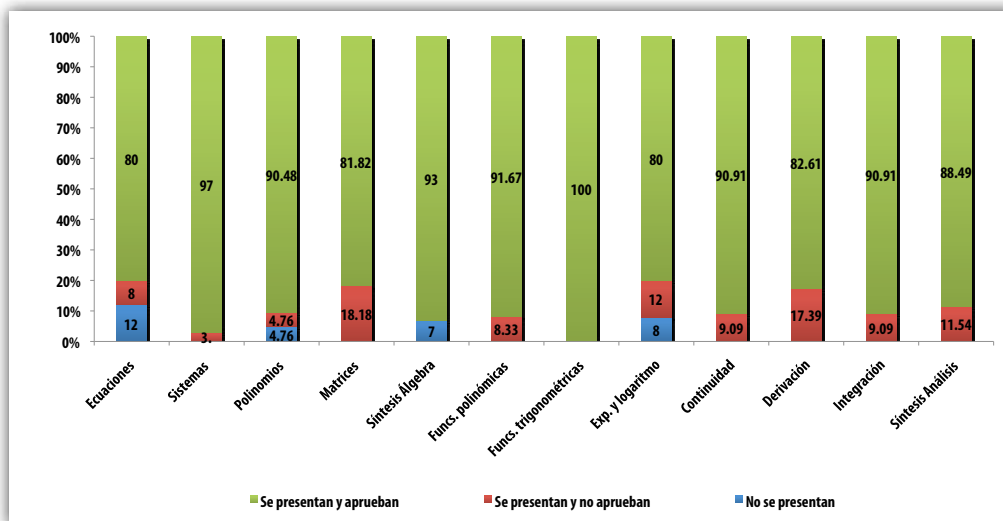
En el primer semestre, la mayoría de los estudiantes que no realizaron ningún cuestionario de práctica no se presentó al correspondiente cuestionario de evaluación. En el segundo semestre, en cambio, el porcentaje de estudiantes que no realizaron cuestionario de práctica pero se presentaron y aprobaron es considerablemente alto en la mayoría de los temas, especialmente en los temas del bloque de Análisis, donde hemos visto anteriormente que el porcentaje de estudiantes que no realizaron ningún cuestionario había aumentado respecto al bloque de Álgebra.

Figura 4. Porcentajes de resultados obtenidos en la evaluación por estudiantes que no han realizado ningún intento en el cuestionario de práctica. Segundo semestre del curso 2010-2011.



En las figuras 5 y 6 mostramos los porcentajes correspondientes a los resultados de los estudiantes que realizaron un único intento del cuestionario de práctica.

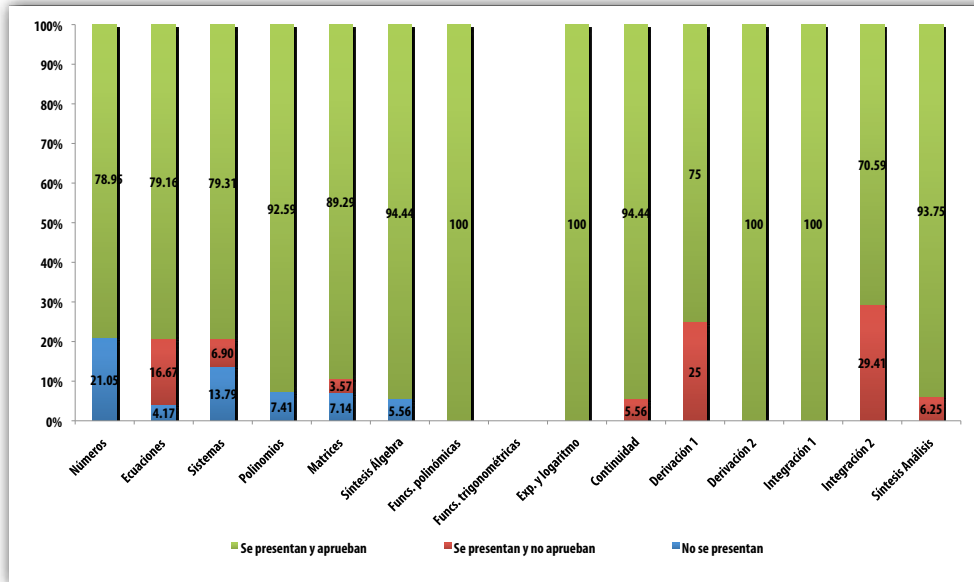
Figura 5. Porcentajes de resultados obtenidos en la evaluación por estudiantes que han realizado un intento del cuestionario de práctica. Primer semestre del curso 2010-2011.



En ambos semestres el porcentaje de estudiantes que realizan un único intento y después no se presentan es muy bajo y, en gran parte de los temas, nulo. En particular, en el segundo semestre, el porcentaje de estudiantes que no se presentan es nulo en todos los temas del bloque de Análisis. Debemos recordar que en este semestre hemos observado un cambio de comportamiento en los estudiantes, ya que disminuye el porcentaje de estudiantes que realizaron un intento y aumenta de forma similar el porcentaje de estudiantes que no realizaron ningún intento y el de los que realizaron

dos intentos o más. Con relación a los estudiantes que se presentan y no aprueban, observamos que los porcentajes más altos corresponden a los temas de Matrices y de Derivación en el primer semestre y a los temas de Derivación 1 e Integración 2 en el segundo semestre.

Figura 6. Porcentajes de resultados obtenidos en la evaluación por estudiantes que han realizado un intento del cuestionario de práctica. Segundo semestre del curso 2010-2011.



En las figuras 7 y 8 mostramos los porcentajes correspondientes a los resultados de los estudiantes que realizan dos o más intentos del cuestionario de práctica.

Figura 7. Porcentajes de resultados obtenidos en la evaluación por estudiantes que han realizado dos o más intentos del cuestionario de práctica. Primer semestre del curso 2010-2011.

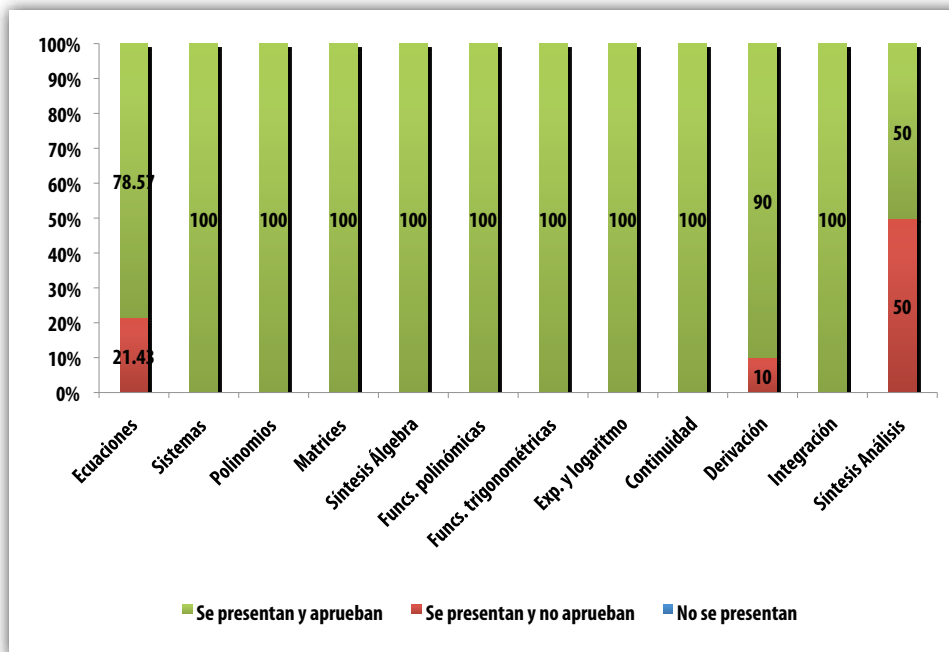
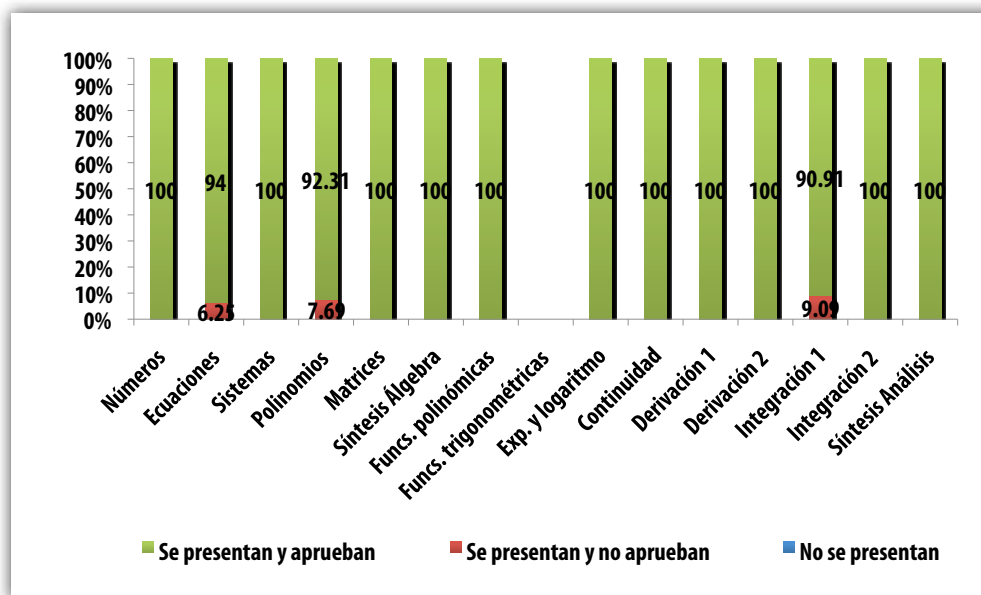


Figura 8. Porcentajes de resultados obtenidos en la evaluación por estudiantes que han realizado dos o más intentos del cuestionario de práctica. Segundo semestre del curso 2010-2011.



Destacamos que entre los estudiantes que realizan dos o más intentos del cuestionario de práctica no hay ninguno que no se presente al correspondiente cuestionario de evaluación. En la mayoría de los temas, todos los estudiantes que se presentan aprueban. Aun así, en el tema de Ecuaciones, especialmente en el primer semestre –este tema era el primero en el que se realizaba cuestionario de evaluación– el porcentaje de estudiantes que se presentan y no aprueban es elevado. Fijándonos en el bloque de Análisis, no todos los estudiantes aprueban el cuestionario de Derivación en el primer semestre y el de Integración 1 en el segundo semestre. En el cuestionario de síntesis del bloque de Análisis del primer semestre el porcentaje de estudiantes que no aprueban es muy alto, pero debemos tener en cuenta que solo cuatro estudiantes hicieron dos o más intentos y dos de ellos no aprobaron.

En las figuras 9 y 10 presentamos, para cada tema, la media de las diferencias entre la nota más alta obtenida en los cuestionarios de práctica y la del cuestionario de evaluación. En este cálculo solo hemos tenido en cuenta a los estudiantes que hacen un intento (con calificación) y a los estudiantes que hacen más de uno.

En el primer semestre observamos que la media calculada se mantiene alrededor de 1 punto, siendo más alta en el primer tema, en que se introdujo la herramienta de evaluación, así como en los temas de Continuidad, Derivación e Integración. En el segundo semestre la distribución no es tan uniforme, pero se mantiene en general por debajo de los dos puntos. Tras la incidencia técnica en el tema de Funciones trigonométricas, en el tema de Función exponencial y logarítmica y en el tema de Derivación 1, se alcanzan las mayores diferencias. Comparando los resultados de los dos semestres, vemos una disminución de la media de esta diferencia en Derivación e Integración en el segundo semestre (excepto en Derivación 1, más conceptual).

Figura 9. Porcentajes de resultados obtenidos en la evaluación por estudiantes que han realizado dos o más intentos del cuestionario de práctica. Segundo semestre del curso 2010-2011.

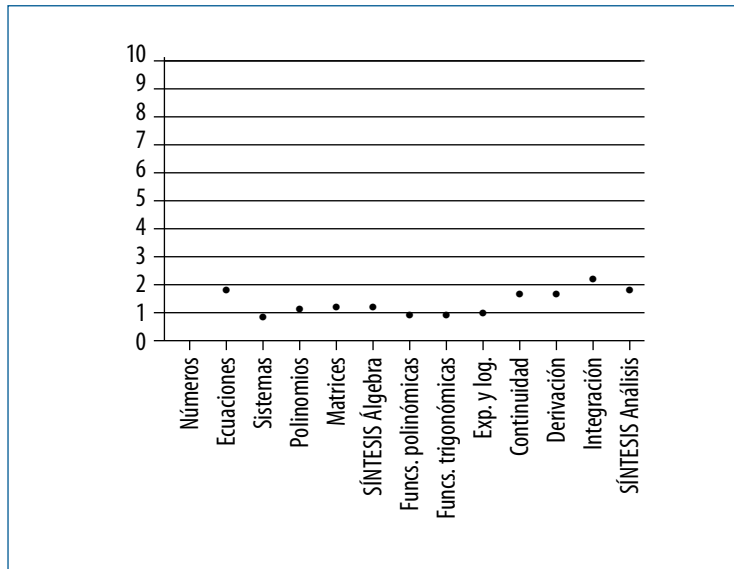
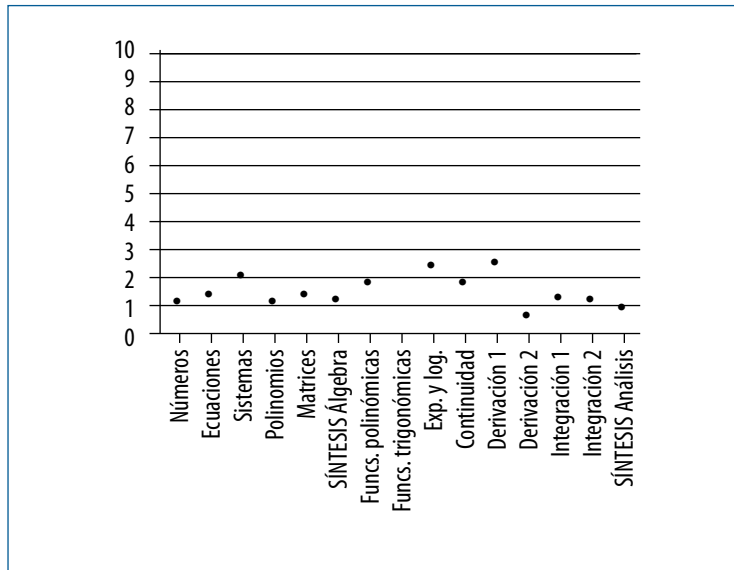


Figura 10. Media aritmética de las diferencias entre la nota más alta del cuestionario de práctica y la de evaluación de cada estudiante. Segundo semestre del curso 2010-2011.



Más allá de estudiar el comportamiento de los estudiantes tema a tema, nos preguntamos si podemos establecer perfiles de estudiante con relación a ese comportamiento durante todo el semestre. A tenor de los resultados, definimos cuatro perfiles: estudiantes que no realizan ningún intento del cuestionario de práctica, estudiantes que realizan un intento del cuestionario de práctica, estudiantes que realizan dos o más intentos y estudiantes que adaptan el número de intentos a las notas obtenidas (más intentos cuando obtienen bajas calificaciones y menos cuando las obtienen altas). Para clasificar a un estudiante en un perfil determinado consideramos que el número de intentos que lo define debe predominar como mínimo en dos tercios. En casos puntuales en que ningún

número de intentos no superaba los dos tercios, se ha hecho prevalecer la tendencia del estudiante, su evolución a lo largo del bloque.

En la figuras 11 y 12 presentamos los porcentajes de pertenencia a estos perfiles de estudiantes en los bloques de Álgebra y de Análisis para el primer y segundo semestre del curso 2010-2011 respectivamente.

Figura 11. Porcentaje de estudiantes según perfiles de realización de cuestionarios. Primer semestre 2010-2011.

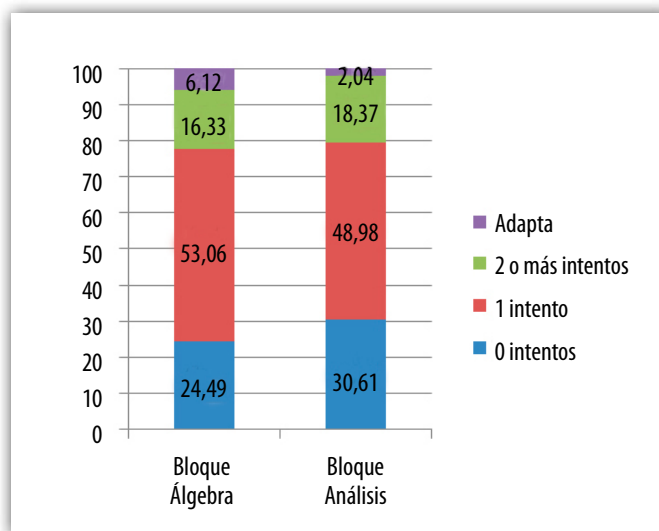
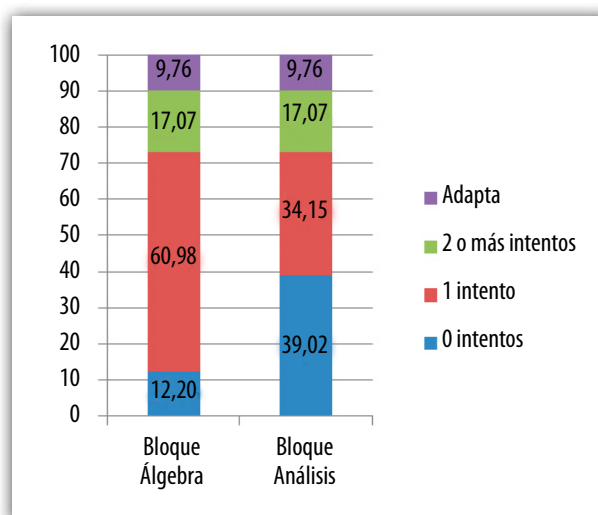


Figura 12. Porcentaje de estudiantes según perfiles de realización de cuestionarios. Segundo semestre 2010-2011.



Observamos que al cambiar el bloque de contenidos, los perfiles que se mantienen estables son dos: el de estudiantes que realizan 2 o más intentos y el de estudiantes que adaptan el número de intentos a las notas obtenidas. Sin embargo, en el primer semestre, pero sobre todo en el segundo,

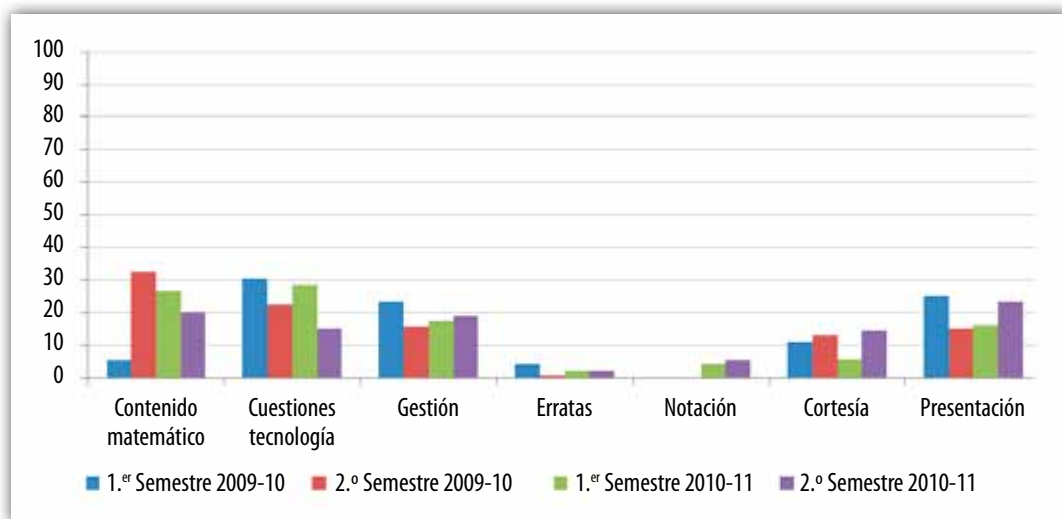
observamos un comportamiento diferente en cada bloque de contenidos entre los estudiantes que normalmente practican poco (uno o ningún intento). Con la información disponible no se han encontrado indicios claros que permitan dar una explicación sobre el cambio de comportamiento de estos estudiantes.

4.2. Mensajes al foro y al buzón

A continuación mostramos los datos de interacción en el aula, a partir de los mensajes enviados por los estudiantes al foro, y de interacción entre estudiantes y profesor, a partir de los mensajes enviados por los estudiantes al buzón personal del profesor.

En la figura 13 presentamos los porcentajes de los mensajes enviados por los estudiantes al foro según la temática de su contenido en los cuatro últimos semestres. Para poder interpretar los datos es necesario explicar la dinámica de la asignatura durante el curso 2009-2010. En el primer semestre había dos pruebas de evaluación, una al final de cada bloque, cada una con seis ejercicios que debían desarrollarse mediante un editor de texto. En el segundo semestre, aunque el modelo de evaluación era el mismo que en el semestre anterior, se introdujeron los cuestionarios para ser realizados voluntariamente. Los mensajes se han categorizado de la siguiente manera:

- Contenido matemático: mensajes en los que explícita o implícitamente se plantea alguna cuestión sobre un concepto o procedimiento matemático. Pueden originarse en la lectura de los materiales de la asignatura, en la realización de cuestionarios de práctica o en la resolución de cuestionarios de evaluación.
- Cuestiones tecnológicas: principalmente mensajes para informar y actualizar información sobre incidencias técnicas particulares o del aula y sugerencias para solucionar problemas técnicos de compañeros.
- Gestión: mensajes relacionados con la gestión del material (dónde encontrar determinados documentos o enlaces, material complementario...), la gestión de cuestionarios (cómo realizarlos, intención e implicación en la evaluación...) y gestión de la evaluación (cómo presentar los documentos en el modelo de evaluación anterior, solicitud de revisión de la corrección automática en el modelo de evaluación actual, cómo se obtiene la calificación final de la asignatura, reclamaciones...).
- Erratas: mensajes para preguntar o informar sobre erratas en los recursos de la asignatura.
- Notación: principalmente dudas sobre la notación que debe usarse para la introducción de las respuestas para su corrección automática (nuevo modelo de evaluación).
- Cortesía: mensajes para agradecer una respuesta de otro participante, para aclarar algún detalle menor de una cuestión formulada anteriormente o mensajes de relación social entre estudiantes.
- Presentación: mensajes enviados al inicio de la asignatura, a petición del profesor, para presentarse a los demás compañeros del aula.

Figura 13. Porcentaje de mensajes enviados por estudiantes al foro del aula según la temática del contenido.

En los mensajes sobre cuestiones tecnológicas, las diferencias que observamos entre los diferentes semestres están ligadas a las incidencias, tanto particulares como del aula, ocurridas durante el desarrollo del semestre. Pero las mayores diferencias observadas se producen en los mensajes con contenido matemático. Destacamos el bajo porcentaje de mensajes de este tipo en el primer semestre del curso 2009-2010, en que el modelo de evaluación era distinto al del curso 2010-2011. En el segundo semestre del curso 2009-2010, es preciso aclarar que el aumento de mensajes de contenido matemático no se debe especialmente a la introducción de cuestionarios, que se realizan voluntariamente, sino a un estudiante altamente activo en el foro. Solo este estudiante envió poco más de un tercio de los mensajes totales enviados al foro (36,2%) y envió casi la mitad de los mensajes con contenido matemático (49%), aportando regularmente reflexiones, dudas y peticiones de confirmación de comprensión de contenidos. Si comparamos el porcentaje de mensajes con contenido matemático enviados en el primer semestre de 2009-2010 con los enviados en los dos semestres de 2010-2011, observamos un aumento considerable del porcentaje, sin que pueda destacarse la intervención de un estudiante particularmente activo.

Centrándonos en los mensajes con contenido matemático, presentamos los resultados sobre el origen de estos mensajes, la lectura de qué material o la realización de qué ejercicios han motivado el mensaje.

En las figuras 14 y 15 mostramos el origen de los mensajes con contenido matemático enviados por los estudiantes, al foro y al buzón personal respectivamente. Es importante aclarar que el número de mensajes de contenido matemático enviados al buzón personal son muy pocos (17,9% y 10,3% del total de mensajes enviados al buzón en el primer y segundo semestre respectivamente).

vemos que los mensajes con contenido matemático del buzón surgen principalmente de la evaluación, normalmente a raíz del desacuerdo con una corrección que motiva la discusión matemática del concepto implicado.

Figura 14. Origen de los mensajes con contenido matemático enviados por estudiantes al foro.

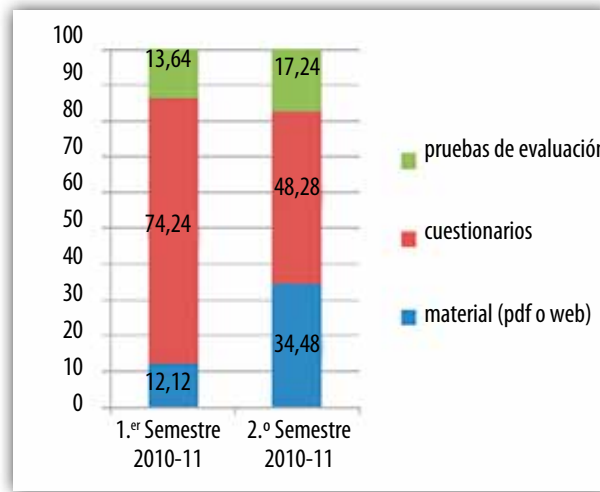
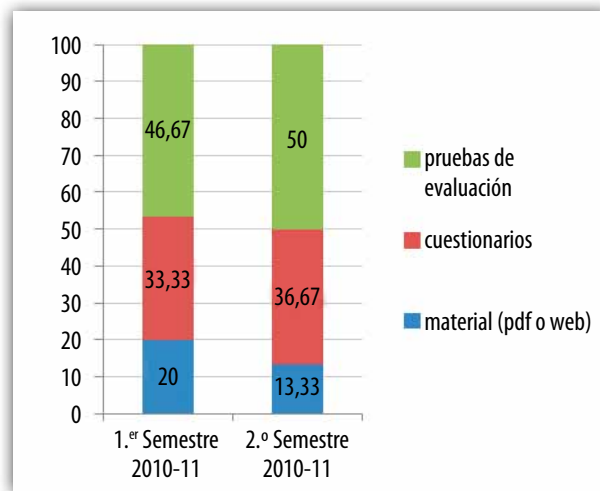


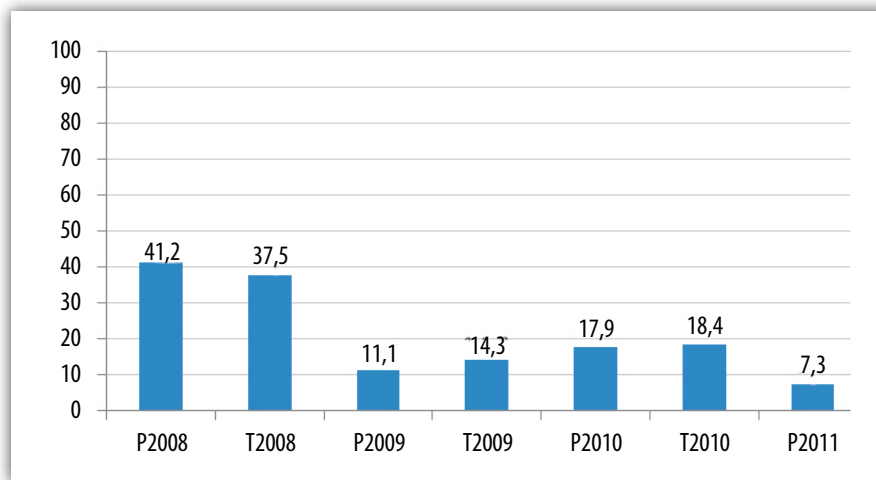
Figura 15. Origen de los mensajes con contenido matemático enviados por estudiantes al buzón personal.



En la figura 14, vemos que en los mensajes enviados al foro dominan las cuestiones motivadas por la realización de los cuestionarios, sobre todo en el primer semestre. En la figura 15, en cambio,

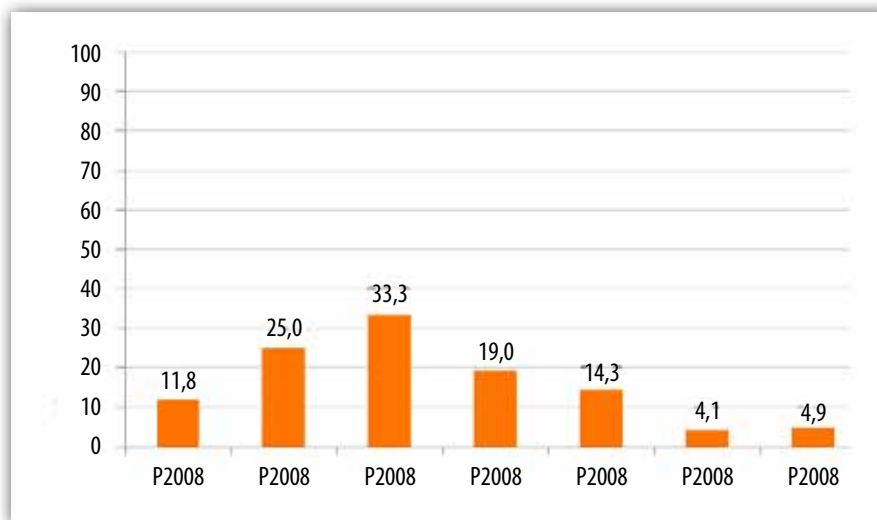
4.3. Abandono

En la figura 16 mostramos el porcentaje de estudiantes que abandonan la asignatura en el bloque de Álgebra, se incluyen tanto el abandono al inicio de la asignatura como durante el seguimiento de ese bloque. Con el nuevo modelo de evaluación implementado podemos establecer claramente cuándo un estudiante abandona la asignatura.

Figura 16. Porcentaje de estudiantes que abandonan la asignatura en el bloque de Álgebra.

En el primer semestre del curso 2010-2011, del 18,4% que abandonan, el 12,2% corresponde a abandono al inicio de la asignatura, sin realizar ningún cuestionario de práctica ni de evaluación y solo el 6,2% de los estudiantes abandona la asignatura durante el bloque de Álgebra. En el segundo semestre del curso 2010-2011, el 2,4% de los estudiantes abandona al inicio de la asignatura y solo el 4,9% abandona la asignatura durante el bloque de Álgebra. No podemos determinar qué porcentaje de estudiantes que abandonan la asignatura en los semestres anteriores (durante el período anterior a la experiencia presentada: desde el segundo semestre del curso 2007-2008 hasta el segundo semestre del curso 2009-2010) corresponde a estudiantes que abandonan sin iniciar el estudio de los materiales y consideramos que puede haber gran fluctuación en estos valores, ya que las causas personales para no iniciar el estudio son variadas e imprevisibles (Castles, 2004). Entonces, la comparación entre los resultados del curso 2010-2011 y los resultados de los semestres anteriores en el bloque de Álgebra no es fiable. Aun así, los resultados que se muestran nos permiten situar los resultados obtenidos en el curso 2010-2011, de manera que, claramente, la tasa de abandono durante el estudio de la asignatura en los semestres del curso 2010-2011 es muy baja.

En la figura 17 mostramos el abandono de la asignatura en el bloque de Análisis, agrupando el abandono al inicio del bloque y durante el seguimiento del bloque. Normalmente los estudiantes consideran los contenidos de este bloque más difíciles que los contenidos del bloque de Álgebra, por tanto, es especialmente interesante que el nuevo planteamiento haya contribuido a disminuir el abandono durante el bloque de Análisis. Observamos que el porcentaje de abandonos en los semestres anteriores al curso 2010-2011 fluctúa entre el 10% y el 30% de los estudiantes, de manera que nunca había alcanzado valores tan bajos como en los dos semestres del curso 2010-2011.

Figura 17. Porcentaje de estudiantes que abandonan la asignatura en el bloque de Análisis.

5. Discusión

En primer lugar, queremos ver si la realización de cuestionarios de práctica con *feedback* inmediato y automático es una actividad formativa, si ayuda a los estudiantes a decidir sobre su proceso de aprendizaje. Para ello, nos fijamos en el número de intentos que los estudiantes hacen en los cuestionarios de práctica. Hemos observado una fluctuación en el número de intentos realizados en función de los temas estudiados en ambos semestres. Por tanto, los estudiantes han decidido incrementar o disminuir el número de intentos en función de las dificultades halladas en la resolución de cuestiones o en el estudio de cada tema. En ambos semestres hemos observado un incremento del número de intentos en el bloque de Análisis que, típicamente, es el que genera más dificultades. Además, en ambos semestres, todos los estudiantes que practican regularmente (han realizado dos o más intentos del cuestionario de práctica) han superado con éxito los cuestionarios de evaluación en la mayoría de los temas. Asimismo, la mayoría de los estudiantes que realizaron un único intento también superaron las respectivas evaluaciones. Además, la existencia de un perfil de estudiante que adapta el número de intentos a las dificultades surgidas así como la estabilidad de este perfil y del perfil de estudiantes que realizan dos o más intentos a lo largo del semestre nos lleva a afirmar que esta metodología permite a los estudiantes autorregular su proceso de aprendizaje. Aun así, no podemos descartar la existencia de otros factores externos que puedan influir en el número de intentos realizados.

En segundo lugar, nos preguntamos si este modelo funciona como estrategia pedagógica innovadora. Para responder a esta cuestión nos fijamos en dos aspectos: la existencia de acciones que promuevan interacciones significativas y la calidad práctica del *feedback* en relación con los principios establecidos por Nicol y Macfarlane-Dick (2006). En el contexto de esta asignatura son interacciones significativas aquellas que contribuyen a la discusión de contenido matemático. Hemos observado que, en los semestres en que se ha implementado la propuesta de evaluación (curso

2010-2011), el porcentaje de mensajes enviados al foro por los estudiantes con contenido matemático se ha incrementado. Asimismo, el origen de este tipo de mensajes, tanto en el foro como en el buzón personal del profesor, es principalmente la realización de cuestionarios de práctica y de evaluación. Estos resultados indican que con este modelo se fomenta el diálogo matemático con el profesorado y con los compañeros (principio 4).

Por otra parte, la valoración de los cuestionarios de práctica mediante corrección automática permite a los estudiantes conocer su rendimiento con relación a un rendimiento óptimo y, como hemos visto, adaptar su estrategia para conseguir un mejor rendimiento en su aprendizaje. Por tanto, el *feedback* proporcionado ayuda a los estudiantes a definir qué es un buen rendimiento (principio 1) y ofrece oportunidades de acercar el rendimiento actual al deseado (principio 6).

Si el análisis de la experiencia se complementa con la información generada por la implementación del modelo propuesto, el profesorado está en condiciones de tomar decisiones sobre la docencia y valorarlas adecuadamente (principio 7). Por ejemplo, a partir de los resultados del primer semestre del curso 2010-2011 decidimos modificar la temporización de los temas de Derivación e Integración. La mejora en los resultados de los estudiantes que realizaron un intento o más y la disminución de la media de las diferencias entre la nota más alta obtenida en los cuestionarios y la del cuestionario de evaluación en estos temas nos permite valorar positivamente esta decisión. Es más, podemos afinar la localización de las dificultades de los estudiantes en estos temas, ya que en la primera parte de Derivación y en la segunda de Integración observamos que hay margen de mejora de los resultados.

Finalmente, nos fijamos en la disminución del abandono de la asignatura. Tanto en el bloque de Álgebra –si no tenemos en consideración el abandono al inicio de la asignatura que puede deberse a múltiples factores, como excesivo optimismo en la matrícula, imprevistos profesionales, enfermedad del estudiante o de un familiar– como en el bloque de Análisis, el índice de abandono de la asignatura ha alcanzado los valores más bajos de los últimos siete semestres. Aun así, para afirmar que este bajo índice de abandono se corresponde con un aumento en la motivación del estudiante y con un aumento de su compromiso hace falta un estudio específico de las motivaciones y percepciones de los estudiantes durante el seguimiento de la asignatura.

6. Conclusiones y líneas de futuro

El presente artículo muestra los resultados obtenidos a raíz de la implementación de una innovación docente en una asignatura en línea de matemáticas básicas para futuros ingenieros. La estrategia propuesta se basa en el convencimiento de que el aprendizaje debe estar centrado en la actividad del estudiante que dispone de los recursos necesarios para llevarla a cabo. El problema fundamental de una propuesta de este tipo cuando los estudios son en línea radica en el momento y el contenido o la calidad del *feedback* que recibe el estudiante en el transcurso del proceso de aprendizaje. Desde nuestro punto de vista, la retroalimentación es clave, tanto en el aspecto emocional como cognitivo, para la adquisición de las competencias básicas en este tipo de asignaturas.

Concretamente, planteamos una metodología consistente en la realización semanal de cuestionarios (de práctica y de evaluación) cuya corrección y retorno cualitativo son (semi)automáticos. En este punto es importante tener en cuenta los dos aspectos que han guiado el diseño de los cuestionarios. Por un lado, deben cubrir todo el temario de la asignatura y, por otro, debe ser posible especificar la causa del error cometido por el estudiante y dar las explicaciones adecuadas que faciliten la comprensión del contenido relacionado. Este planteamiento supone la introducción de la evaluación formativa como eje principal del proceso de enseñanza y aprendizaje: permite a los estudiantes regular su proceso y al profesorado, acompañar al estudiante de forma adecuada y certificar el grado de adquisición de competencias.

A la luz de los resultados de la experiencia en el aula, podemos afirmar que la realización de cuestionarios de práctica con *feedback* inmediato y automático es una buena forma de conseguir un proceso de autorregulación del proceso de aprendizaje por parte de los estudiantes; pero también permite al profesorado detectar problemas concretos y reaccionar de forma ágil para subsanarlos. Además, influye decisivamente en el incremento del diálogo a propósito de cuestiones matemáticas en el foro de comunicación del aula. Finalmente, un aspecto determinante del éxito de la propuesta es la disminución significativa del índice de abandono de la asignatura. Conseguir unos índices bajos del abandono de los estudiantes es una de las preocupaciones principales en nuestro contexto y el hecho de que en los dos semestres de implementación del nuevo modelo se hayan alcanzado índices tan bajos de forma regular nos hace valorar positivamente la estrategia implementada.

La propuesta presentada constituye una contribución significativa a los modelos existentes de evaluación y seguimiento del alumnado en asignaturas de matemáticas, no solamente por los resultados obtenidos sino porque abre multitud de líneas de innovación e investigación en el ámbito de la educación matemática en línea.

El éxito de la experiencia en cuanto a sus efectos en la autorregulación del aprendizaje, el aumento de comunicación matemática y la reducción del abandono nos impulsa a seguir trabajando en esta línea. Por un lado, en la definición y elaboración de cuestionarios adaptativos que conduzcan a una mayor personalización del aprendizaje; por otro, en el análisis de la argumentación matemática en este tipo de dinámicas y la influencia de la inmediatez del *feedback* en aspectos afectivos como la confianza. En este sentido, nos planteamos abordar la problemática de la autoeficacia de los estudiantes, la motivación y el rendimiento académico.

Bibliografía

- BLACK, Paul; WILIAM, Dylan (2009). «Developing the theory of formative assessment». *Educational Assessment, Evaluation & Accountability*. Vol. 21, núm. 1, págs. 5-31.
- CASTLES, Jane (2004). «Persistence and the adult learner: factors affecting persistence in Open University Students». *Active Learning in Higher Education*. Vol. 5, núm. 2, págs. 166-179.
- CRISP, Victoria; WARD, Christine (2008). «The development of a formative scenario-based computer

assisted assessment tool in psychology for teachers: The PePCAA project». *Computers & Education*. Vol. 50, núm. 4, págs. 1509-1526.

GIKANDI, Joyce Wangui; DAVIS, Niki; MORROW, Donna (2011). «Online formative assessment in higher education: A review of the literature». *Computers & Education*, Vol. 57, núm. 4, págs. 2333-2351.

LÓPEZ-GAY, Rafael; MARTÍNEZ-TORREGROSA, Joaquín; GRAS-MARTÍ Albert; TORREGROSA, Germán (2001). «On how to best introduce the concept of differential in physics» [artículo en línea]. 1st International GIREP seminar. *Developing Formal Thinking in Physics*. [Fecha de consulta: 1 de septiembre de 2010].

<http://www.fisica.uniud.it/girepseminar2001/CS07/MARTI_02_FINAL.pdf>

NICOL, David J.; MACFARLANE-DICK, Debra (2006). «Formative assessment and selfregulated learning: a model and seven principles of good feedback practice». *Studies in higher education*. Vol. 31, núm. 2, págs. 199-218.

PRINCE, Michael (2004). «Does Active Learning Work? A Review of the Research». *Journal of Engineering Education*. Vol. 93, núm. 3, págs. 223-231.

Real decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. *Boletín Oficial del Estado*, 30 de octubre de 2007, págs. 44037-44048.

SMITH, Glenn Gordon; FERGUSON, David (2005). «Student attrition in mathematics e-learning». *Australasian Journal of Educational Technology*. Vol. 21, núm. 3, págs. 323-334.

Sobre las autoras

Teresa Sancho-Vinuesa

tsancho@uoc.edu

Directora de Investigación de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC)

Teresa Sancho-Vinuesa es doctora ingeniera en Electrónica (Universidad Ramon Llull, 1995) y licenciada en Matemáticas (Universidad de Barcelona, 1990). Actualmente es profesora de los Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación y directora de Investigación de la Universitat Oberta de Catalunya.

Ha desarrollado su tarea docente en el ámbito del análisis numérico y la teoría de probabilidades y procesos estocásticos en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura La Salle, donde ha coordinado un grupo de investigación en métodos numéricos para la resolución de problemas en mecánica de fluidos y electromagnetismo. Como profesora de la UOC, ha sido coordinadora académica y directora del Programa de doctorado de sociedad de la información y el conocimiento y ha sido responsable de distintas asignaturas de matemáticas de las ingenierías. Su actividad de innovación e investigación en educación matemática en línea se ha concretado en la realización de proyectos y publicaciones científicas.

Rambla del Poblenou, 156
08018 Barcelona
España

Núria Escudero Viladoms

nescudero@uoc.edu

Estudiante de doctorado en Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias de la Universidad Autónoma de Barcelona

Núria Escudero Viladoms es licenciada en Matemáticas (Universidad Politécnica de Cataluña) y ha realizado un máster oficial de Iniciación a la investigación en didáctica de las matemáticas y las ciencias (Universidad Autónoma de Barcelona) y un máster de Cualificación pedagógica para el profesorado de educación secundaria de matemáticas (Universidad Politécnica de Cataluña).

Es profesora de matemáticas en un instituto de enseñanza secundaria del Departamento de Enseñanza de la Generalitat de Cataluña y consultora en la asignatura de Iniciación a las matemáticas para la ingeniería de la Universitat Oberta de Catalunya.

Edifici G6

08193 Cerdanyola del Vallès

España



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 3.0 España de Creative Commons. Puede copiarlos, distribuirlos, comunicarlos públicamente y hacer obras derivadas siempre que reconozca los créditos de las obras (autoría, nombre de la revista, institución editora) de la manera especificada por los autores o por la revista. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/es/deed.es>.