



<Artículo>

Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona

M. Mercè Claramunt-Bielsa, Antonio Alegre Escolano, Eva Boj de Val, Teresa Costa Cor, Maite Mármol Jiménez e Isabel Morillo López

Fecha de presentación: 02/11/2010

Fecha de aceptación: 17/11/2011

Fecha de publicación: 09/01/2012

//Resumen

En este trabajo se explica la experiencia innovadora realizada en la asignatura de Matemática Actuarial No Vida dentro del proyecto REDICE2008 (A0801-06). La experiencia consiste en el cambio en la enseñanza práctica de dicha asignatura incorporando el lenguaje de programación R, junto con los nuevos paquetes que incluyen funciones sobre matemática y estadística actuarial. Después de una introducción, en el trabajo se comentan los antecedentes de la enseñanza práctica de la asignatura en la Universidad de Barcelona y también la situación en España de las trece universidades que actualmente imparten la Licenciatura en Ciencias Actuariales y Financieras en España. A continuación se describe el desarrollo del proyecto, remarcando las dificultades que implica un cambio de este tipo para estudiantes alumnado y profesorado, y se detallan los resultados más importantes de la innovación. El trabajo finaliza con unas conclusiones y diversos anexos con los modelos de encuesta pasados a estudiantes alumnado y universidades.

//Palabras clave

Educación Superior, nuevas tecnologías, software libre, lenguaje de programación R, Matemática Actuarial No Vida, Ciencias Actuariales y Financieras.

// Referencia recomendada

Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona [En línea] *REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, Vol. 5, núm. 1, 123-139. Accesible en: <http://www.raco.cat/index.php/REIRE>

// Autora de contacto

M. Mercè Claramunt Bielsa, Profesora Titular de Universidad, Departamento de Matemática Económica, Financiera y Actuarial, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Barcelona, Avenida Diagonal 696, 08034, Barcelona; mmclaramunt@ub.edu

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es explicar la experiencia innovadora realizada por los autores en la asignatura de Matemática Actuarial No Vida (MANV) dentro del proyecto REDICE2008 (A0801-06), consistente en el cambio en la enseñanza práctica de dicha asignatura incorporando el lenguaje de programación R y los nuevos paquetes que incluyen funciones sobre matemática y estadística actuarial (para el detalle de alguna de estas funciones ver: Dutang et al., 2008; Gesmann, 2009; Goulet and Pouliot, 2009 y Kaas et al., 2008). La investigación utilizada es de corte cuantitativo y en concreto descriptiva.

La Matemática Actuarial No Vida es una asignatura obligatoria que se imparte en el primer semestre del segundo año del segundo ciclo de la licenciatura en Ciencias Actuariales y Financieras. De los nueve créditos de la asignatura, tres corresponden a las prácticas, que desde 1996 se realizan en las salas de ordenadores. Hasta el curso 2008-2009 el lenguaje utilizado ha sido el APL, en los primeros años, y el APL2, después. Dicho lenguaje se explicaba a los estudiantes de la licenciatura en la asignatura de Análisis Numérico (AN) y se utiliza también en la parte práctica de la Matemática Actuarial Vida (MAV). Ambas asignaturas son obligatorias, de primer curso del segundo ciclo de la licenciatura y se imparten en el primer y segundo semestre, respectivamente.

En un primer momento teníamos previsto realizar el cambio en el lenguaje de programación utilizado en las tres asignaturas de forma progresiva, ya que considerábamos que ello era mejor para los estudiantes y para el profesorado implicado. De esta forma, el cambio se introducía en primer lugar a los estudiantes de Análisis Numérico, que utilizaban luego R en las prácticas de MAV y posteriormente, en el curso siguiente, en las prácticas de MANV.

Por razones de diversa índole, esta introducción progresiva no fue posible, por lo que decidimos iniciar el cambio de la asignatura MANV con los estudiantes (y el profesorado) de la asignatura MANV. Estos estudiantes, en principio, aprendieron en AN el lenguaje APL2, lo aplicaron y utilizaron en las prácticas de MAV y, posteriormente, en este curso 2009-2010 han pasado a realizar las prácticas de MANV en un lenguaje distinto, el R.

Aunque fue una apuesta arriesgada, pues implicó mucho trabajo para las profesoras y de entrada no teníamos clara la respuesta de los estudiantes, el resultado ha sido muy satisfactorio para ambas partes. Finalmente, la implantación de R en las prácticas de Análisis Numérico se está llevando a cabo en el primer semestre del presente curso 2010-2011 y en MAV se efectuará en el segundo semestre.

En este trabajo, en el apartado 2, se explican los antecedentes de esta innovación y las razones de la misma. En el apartado 3, se contextualiza la experiencia, realizando un estudio sobre la manera en que el resto de universidades españolas enfoca esta enseñanza práctica de la Matemática Actuarial No Vida. En el apartado 4, se explica con detalle el desarrollo de la innovación y se analizan los resultados de la misma. Por último, en el apartado 5, se resumen

Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona.

las conclusiones, entre las que debemos destacar que los estudiantes tienen un poder de adaptación a las novedades y a los cambios (si éstos son positivos) superior a la que el profesorado presupone.

2. Antecedentes en la Universidad de Barcelona

La docencia de la asignatura Matemática Actuarial No Vida se realiza mediante la impartición de seis horas semanales de docencia. De estas seis horas, cuatro se realizan en clases magistrales en las cuales se desarrollan los aspectos teóricos de la materia.

Las dos horas restantes se realizan en clases de informática, desdoblándose el grupo en dos aulas diferentes. En estas clases prácticas se aplican herramientas informáticas para la resolución de problemas que un actuario podrá encontrarse en su labor profesional, tales como ajuste de distribuciones a número y cuantía de siniestros, cálculo de primas o cálculo de provisiones necesarias para la compañía de seguros. Debido a la complejidad de los cálculos a realizar, la elección del software informático es básica para un correcto desarrollo de esta parte más aplicada de la asignatura.

Por otro lado, el software informático debería cumplir un requisito básico, y es que sea utilizado en el mercado laboral y que sea de fácil acceso y gratuito para el alumnado. Hasta el curso 2008/09 el software elegido para la realización de las prácticas fue el lenguaje APL2. Esta elección tenía un problema básico, y es que no es software libre, con lo cual los estudiantes sólo tienen la posibilidad de utilizarlo en los espacios de la Facultad donde existe licencia del producto. Este hecho es incompatible con uno de los elementos básicos del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) que es la necesidad de incrementar y promover el trabajo autónomo del alumnado (Costa et al., 2009).

Era lógico, por tanto, que el profesorado implicado en la docencia de la asignatura se plantease la adaptación de los programas realizados en APL y el material preparado a un nuevo software informático, cuyo requisito indispensable era que fuese software libre. Además, esta idea de cambio se ve reforzada con la política de la Universidad de Barcelona respecto a aplicaciones informáticas de acceso libre. En concreto, el apartado 5.4 del documento "*La Universitat de Barcelona i la lliure difusió del coneixement*" (aprobado por la *Comissió de Política Científica* el 17 de septiembre de 2007 y presentado a aprobación del *Consell de Govern* el 18 de febrero de 2008) indica la voluntad de la Universidad de Barcelona de favorecer la utilización de aplicaciones informáticas de acceso libre.

Una vez decidido el cambio a un software libre, la siguiente decisión era la elección del software. Analizamos cuál era la situación en otras facultades que se habían planteado el paso a programas de acceso libre. Así, en la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Barcelona, ciertos departamentos que trabajaban asignaturas de Estadística utilizaban el programa S_Plus, un programa que cubría las necesidades de cálculo y programación que necesitábamos, y con

Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona.

más uso en el mercado laboral que el APL2. Aunque el problema seguía siendo el mismo, ya que a nivel de Departamento seguíamos necesitando la compra de licencias y no solucionábamos el problema de que el alumnado seguía sin poder acceder de forma gratuita al programa.

Posteriormente este problema se solucionó, ya que surgió una versión libre y gratuita de S_plus, denominada R. Podemos definir R como un entorno y un lenguaje para el cálculo estadístico y la generación de gráficos. Para los usuarios avanzados ofrece un lenguaje de programación completo con el que añadir nuevas técnicas mediante la definición de funciones. R es la implementación GNU *General Public* del programa S_Plus (ver <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>). La GNU no pone ninguna restricción al uso de R, por ejemplo, en las aulas para docencia. R se puede descargar gratuitamente de <http://cran.es.r-project.org>. Además, R consta de un sistema base y de paquetes adicionales que extienden su funcionalidad, es un programa sumamente dinámico, ya que las funciones y los paquetes se van ampliando gracias a las aportaciones de usuarios, las cuales pasan un estricto proceso de elaboración y contrastación.

Todas estas ventajas de R han hecho que su uso se haya extendido rápidamente como herramienta docente en facultades europeas. Además, en los últimos años, ha sido constante la aparición de paquetes especializados en temas actuariales, que evidentemente son de libre uso para profesorado y alumnado: podemos hacer referencia a Dutang *et al.* (2008), Gesmann (2009), Goulet and Pouliot (2009) y de Kaas *et al.* (2008) como muestra del actual material docente y de investigación que incluye paquetes programados referentes a la utilización de R en el campo actuarial. Como puede observarse, todos estos materiales están elaborados a partir del año 2008, por lo tanto, decidimos el cambio al lenguaje R por las reflexiones previamente expuestas.

Una vez decidido que adaptaríamos la docencia de la asignatura al programa R, nos surgían dos problemas: por un lado, debíamos adaptar todo el material docente y los programas que teníamos en APL2 a R, y por otro lado, debíamos formarnos en el uso de este programa para conocer sus verdaderas posibilidades y poder sacarle el máximo provecho para un correcto desarrollo de las clases prácticas.

Así, el primer paso era formarnos en el uso de R, y para ello el profesorado implicado en la docencia ha asistido a cursos del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Barcelona, del Servicio de Estadística de la Universidad Autónoma de Barcelona y de forma paralela se han organizado seminarios internos a nivel departamental para el aprendizaje del lenguaje R. Cuando ya disponíamos de los conocimientos necesarios sobre el funcionamiento y la programación en R, se elaboró y adaptó todo el material docente y los programas en sus versiones preliminares para la asignatura de Matemática Actuarial No Vida.

3. Situación actual en España

Según el Estatuto Profesional aprobado por Decreto del Ministerio de Hacienda 1216/1960, de 23 de junio, "corresponde al Actuario de Seguros la actuación, en exclusiva, en todas las cuestiones de técnica matemática y económica de las Instituciones de Seguros, Ahorro y Capitalización y, como título de rango facultativo, autoriza a quienes lo poseen para ejercer los cargos de alta de dirección de las Empresas de Seguros, Ahorro y Capitalización; el asesoramiento, la peritación y el desempeño de cargos en los que se requiere el uso de sus conocimientos específicos en las materias de estadística matemática, teoría económica de las Empresas de Seguros, dirección y técnica contable y estimación cuantitativa de operaciones financieras".

Como parte del programa básico de estudios que debe seguir un estudiante para su formación actuarial en Europa, en la materia de matemáticas el objetivo debe ser proporcionar unos fundamentos sólidos en las técnicas matemáticas como base para la comprensión de otras materias y de los procesos de construcción de modelos matemáticos. Por otro lado, en la materia de informática el objetivo es proporcionar una base sólida en los modernos métodos de computación necesarios para el trabajo de un actuario. El estudiante debe tener un conocimiento práctico, aplicado, de las modernas tecnologías de la información y comunicación, apropiadas para el trabajo de un actuario.

Los estudios sobre ciencias actuariales y financieras en España se canalizan a través de la licenciatura de segundo ciclo en Ciencias Actuariales y Financieras aunque con el actual proceso de adaptación al EEES, esta licenciatura como tal está a punto de desaparecer. De hecho, en tres de las trece universidades españolas que impartían dicha licenciatura ya se ha iniciado durante el curso 2010-2011 un máster adaptado al EEES (Universidad Complutense de Madrid, Universidad Carlos III y Universidad de Valencia).

Como parte de la investigación realizada en este trabajo, hemos enviado un cuestionario (ver Anexo 1 para el detalle) a las trece universidades españolas que actualmente imparten estudios en ciencias actuariales y financieras, las cuales son: Universidad de Alcalá, Universidad de Barcelona, Universidad Carlos III de Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Extremadura, Universidad de León, Universidad de Málaga, Universidad Miguel Hernández de Elche, Universidad del País Vasco, Universidad Pontificia Comillas, Universidad Pontificia de Salamanca, Universidad de Valencia y Universidad de Valladolid. El cuestionario fue respondido por cinco universidades.

El resultado general ha sido que todas ellas utilizan un programa informático como herramienta en las clases prácticas realizadas en aulas de informática dentro de las facultades. Las asignaturas no siguen exactamente el mismo patrón que en la Universidad de Barcelona, pero sí distinguen una asignatura previa dónde explicar el lenguaje de programación equivalente a nuestra asignatura AN. Por ejemplo "Estadística Actuarial" en la Universidad de Valladolid y "Métodos y Modelos de los Sistemas Dinámicos" en la Universidad Complutense de Madrid.

Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona.

También, en general, realizan una breve introducción al software elegido dentro de la propia asignatura en donde va a ser utilizado como herramienta, excepto casos en que el software es un programa conocido, como por ejemplo Excel. El programa informático varía en las diferentes universidades, pasando por Excel (*Macros y Visual Basic*), *Maple* e incluso *Matlab*, el cual es el programa de pago equivalente al de uso libre *Octave*. Podemos, por lo tanto, comentar que sería de interés una unificación a nivel español dentro de la investigación internacional donde el programa más extendido y de libre uso sea R, ya que la aparición de libros de matemática actuarial y de paquetes diseñados por investigadores/docentes de universidades no españolas en los que la parte de cálculo se realiza en R, es cada vez más habitual.

4. Desarrollo de la innovación

Como hemos comentado en los apartados anteriores, tras la reflexión de la necesidad de un cambio de software, optamos por la adaptación de la parte práctica de la asignatura Matemática Actuarial No Vida al lenguaje R. Este cambio implicaba la necesaria formación del profesorado implicado en la materia, así como la adaptación de todo el material docente y los programas utilizados.

Para ello, establecimos un plan de trabajo continuado y conjunto entre el profesorado que incluía:

La elaboración de nuevos programas en R necesarios para el correcto desarrollo de la asignatura: Son programas usados durante el desarrollo de las clases y en sus horas de trabajo autónomo y/o dirigido. En función de cada una de las siete partes en las que se estructura el temario de la asignatura las necesidades a cubrir han sido diferentes:

- **Tema 1** "*Distribuciones discretas del número de siniestros*": En este primer tema se aplican distintas distribuciones estadísticas que se hallan disponibles en R mediante funciones o expresiones que pueden ejecutarse directamente. Una vez obtenidos los resultados iniciales es necesario aplicar funciones de cálculo matemáticas, principalmente operaciones con vectores numéricos. Además, se programaron dos funciones específicas, una de ellas para poder aplicar una distribución estadística discreta que no se hallaba disponible en R, y la otra para poder llevar a cabo un contraste de bondad de ajuste de los resultados obtenidos con las distintas distribuciones aplicadas. Estas funciones o programas se publicaban en el campus virtual y los alumnos podían cargarlas y, por tanto, utilizarlas con una simple instrucción.

- **Tema 2** "*Distribuciones continuas de la cuantía de un siniestro*": En la línea seguida en el primer tema, pueden aplicarse en algunos casos distribuciones estadísticas ya incluidas en el lenguaje R, que se ejecutan directamente. En una de las distribuciones utilizadas ha sido necesario cargar un paquete, el *statmod*, de este modo los alumnos pueden conocer cómo acceder a las funciones incluidas en los paquetes. También se ha utilizado en este tema la

Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona.

función o programa creado por las profesoras para el contraste de bondad de ajuste de los resultados obtenidos con las distintas distribuciones aplicadas.

- **Tema 3** “*Distribuciones del coste total por póliza y periodo*”: Se aplican distribuciones de probabilidad disponibles en R mediante la ejecución de funciones o expresiones. Además, se han utilizado algunas funciones disponibles en el paquete *actuar*.

- **Tema 4** “*Seguros con participación del asegurado en la garantía: franquicias*”: No existían directamente funciones de R o paquetes que nos proporcionaran los resultados que necesitábamos, por ello se han utilizado distintos programas creados por las profesoras y publicados en el campus virtual. Mediante estos programas, los alumnos pueden introducir los datos numéricos de los problemas a resolver y obtener unos resultados, que en muchos casos deberán ser utilizados en operaciones matemáticas más o menos sencillas hasta obtener los resultados finales deseados.

- **Tema 5** “*Sistemas de tarificación*”: En este tema fue necesario crear un programa *ad hoc* para los problemas a resolver.

- **Tema 6** “*Teoría de la credibilidad y cálculo de primas. Prima de credibilidad*”: se aplica una función incluida en el paquete *actuar*. Cabe destacar que en este tema hay un aspecto nuevo a introducir, debido a que los cálculos se aplicaban a datos de carácter matricial, obteniéndose en estos casos unas matrices de resultados con las que debemos operar *a posteriori*. Esto permite también introducir algunas funciones que contiene el lenguaje R para el cálculo matricial.

- **Tema 7** “*Teoría de la credibilidad y cálculo de reservas*”: ha sido imprescindible utilizar los programas elaborados por las profesoras de la asignatura para aplicar algunos de los modelos estadísticos de cálculo que se incluyen en dicho tema. Además, también está disponible un método de cálculo de reservas en el paquete *chainladder*.

La incorporación en la docencia de la asignatura de paquetes diseñados por investigadores/docentes de universidades no españoles implica que la enseñanza que realizamos de la Matemática Actuarial No Vida en la Universidad de Barcelona es de alto nivel y se encuentra en sintonía con el resto de los países.

La búsqueda de nuevos paquetes sobre cálculos actuariales que hiciesen más fácil nuestra docencia: El constante dinamismo del programa R nos permite asegurar que en este momento, ya se encuentran disponibles más paquetes que realizan cálculos actuariales y que podemos utilizar en la enseñanza de nuestra asignatura. Ello implica la necesidad de una investigación y actualización continuadas de las profesoras para mantener el alto nivel de nuestra enseñanza.

Y finalmente, **la coordinación entre la parte teórica y la práctica:** Para ello, se encuentran a disposición del alumnado a través del curso de Matemática Actuarial No Vida en el campus virtual de la Universidad de Barcelona.

5. Análisis de los resultados de la innovación

Durante el curso 2009/10 la docencia de la asignatura Matemática Actuarial No Vida se realizó totalmente adaptada al nuevo software elegido. Al principio de curso nos surgieron dos dudas importantes:

- El hecho de que en asignaturas previas se hubiese utilizado APL2 nos hacía pensar que entre el alumnado se generaría cierto malestar, ya que a la explicación de los contenidos de Matemática Actuarial No Vida, había que añadir una introducción al nuevo software. Este hecho podía complicar el correcto seguimiento de la asignatura.
- Tampoco teníamos claro si el volumen de trabajo extra que el cambio iba a conllevar para las profesoras implicadas sería asumible y no generaría malestar y conflictos entre dichas profesoras.

Para tratar correctamente los dos aspectos comentados decidimos diseñar dos encuestas para el alumnado (ver los Anexos 2 y 3). La primera (Anexo 2), aplicada al inicio de curso, tenía como objetivo conocer la opinión del alumnado respecto al cambio sin haberles explicado las ventajas del nuevo lenguaje. Así, seríamos capaces de saber principalmente dos cosas: la primera si consideraban *a priori* adecuado y estaban a favor de dicho cambio, y la segunda, si ya conocían previamente R de otras asignaturas o si ya lo habían utilizado en otros ámbitos. La segunda encuesta (Anexo 3), realizada a final de curso, nos serviría para conocer la opinión después de la innovación respecto al cambio de APL2 a R, para así validar si el alumnado ha valorado positivamente o no el cambio a R, y si por lo tanto el esfuerzo por parte del profesorado ha valido la pena.

Por otro lado, la opinión y sensaciones del profesorado implicado eran muy importantes, por lo que decidimos redactar un informe final, que sería presentado al Consejo de Departamento de Matemática Económica, Financiera y Actuarial de la Universidad de Barcelona, que tiene asignada la docencia de la asignatura.

Pasamos a continuación a analizar los resultados de las encuestas que realizó el alumnado. El análisis de estas encuestas ya se presentó en el congreso CIDUI 2010, que tuvo lugar en Barcelona en Julio de 2010 (Claramunt et al., 2010).

La encuesta inicial (Anexo 2) se realizó al alumnado el primer día de clase de la asignatura, y fue respondida por 37 alumnos de un total de 54 alumnos matriculados. Es importante remarcar que, antes de la encuesta, no habíamos expuesto las que consideramos las grandes ventajas de R (software libre, utilizado en el mundo laboral o la existencia de bibliografía actualizada referente a matemática actuarial tanto a nivel de investigación como de manuales docentes con R).

Como principales conclusiones de esta encuesta inicial podemos destacar:

Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona.

- De los 37 alumnos encuestados, 36 ya conocían APL2 de otras asignaturas previas, y el 92 % del alumnado se matriculaba por primera vez en la asignatura de MANV. Como aspectos positivos del lenguaje APL2, el más destacado es el de facilidad de uso, en un 32 % de los casos, seguido de ser un lenguaje práctico, en un 8 % de los casos.
- Una parte del alumnado consideraba el lenguaje APL2 como un software desfasado (14 %) y que en el mercado laboral no se utilizaba, según un 30 % de las respuestas. Cabe señalar que de los 37 alumnos encuestados, 29 de ellos trabajan, mayoritariamente en empresas del sector de seguros (45 %) y consultorías (24 %).
- Diez de los 37 alumnos que contestaron la encuesta habían trabajado en algún momento con el programa R, ya que lo habían utilizado en asignaturas previas, sobre todo en la Diplomatura de Estadística de la Universidad de Barcelona. Son precisamente estos estudiantes los que tienen muy claro que sería bueno abandonar el APL2 y cambiarlo por el lenguaje R.
- A las preguntas de si creen que es positivo que las prácticas se hagan en aulas de informática y si creen necesario que un actuario sepa programar, la respuesta es afirmativa en prácticamente todos los casos (sólo un "No" y un "No sé", es decir, 35 de los 37 alumnos han contestado afirmativamente). Para el profesorado implicado en la enseñanza de Matemática Actuarial No Vida, esta rotundidad en la respuesta constituye un refuerzo a nuestro trabajo realizado y una confirmación de que vamos en la línea adecuada. Por lo tanto, consideramos que es muy importante para la formación de los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Actariales y Financieras, que el lenguaje utilizado para explicar y aplicar conceptos teóricos sea un lenguaje dinámico, fácil de utilizar y gratuito. De cara a la previsible (y ya no tan lejana) transformación de dicha licenciatura en un máster universitario será necesario tener presente todas estas consideraciones en el correcto diseño de dicho máster y de los planes docentes de las distintas asignaturas.
- Por lo tanto, la idea de un cambio de lenguaje se acepta sin demasiados problemas, existiendo cierto temor a que el cambio complicase el seguimiento de la asignatura, en un 46 % de los casos.

La encuesta final (Anexo 3) realizada el último día de clase fue respondida por 38 alumnos. Todos ellos habían utilizado APL2 en MAV o en Análisis Numérico previamente. De los 38, 35 alumnos era la primera vez que se matriculaban, es decir el 92 % no era repetidor. De los 38, 33 alumnos trabajaban, es decir el 87 % de los alumnos encuestados compatibiliza el trabajo con los estudios.

Las principales ideas que se pueden extraer son:

- El alumnado encuentra positivo el cambio, ya que el 87 % de los encuestados (33 alumnos) consideran que el cambio del lenguaje APL2 al lenguaje R ha sido positivo en general.,
- La adaptación al nuevo software no les ha representado ningún problema, ya que el 95 % de los encuestados (36 alumnos) consideran que el cambio del lenguaje APL2 al lenguaje R no ha

Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona.

incrementado sus dificultades para el seguimiento de la asignatura. Por otro lado, el 87 % de los del alumnado encuestado (33 alumnos) considera que el hecho de no haber aprendido el lenguaje de programación R en Análisis Numérico no ha representado un problema a la hora de realizar las prácticas de MANV con R.

A continuación se recogen las respuestas del alumnado respecto a los aspectos favorables y desfavorables del lenguaje R en su aplicación a la Matemática Actuarial No Vida (preguntas 7 y 8 de la encuesta recogida en el Anexo 3):

Aspectos positivos del lenguaje R en su aplicación a la Matemática Actuarial No Vida (pregunta 7)	Aspectos desfavorables del lenguaje R en su aplicación a la Matemática Actuarial No Vida (pregunta 8)
Es <i>software</i> libre: el 79% de los encuestados.	Es difícil de aprender: el 13% de los encuestados
Se puede instalar en cualquier ordenador personal: el 87% de los encuestados	Los paquetes están en inglés: el 34% de los encuestados
Hay mucha información disponible en la <i>web</i> (ayuda, información de funciones, ...): el 50% de los encuestados	La ayuda es complicada y no es sencillo encontrar información: el 34% de los encuestados
Hay disponibles muchos paquetes y funciones adaptadas a temas actuariales: el 58% de los encuestados.	No se adapta bien a la resolución de temas actuariales: el 13% de los encuestados
Es un <i>software</i> muy dinámico: el 32% de los encuestados	Es un <i>software</i> muy poco flexible: el 16% de los encuestados
Es muy fácil de aprender y muy lógico en el modo de operar: el 53% de los encuestados	No creen que se utilice en el mercado laboral: el 61% de los encuestados
<p>Han indicado otros aspectos positivos 6 alumnos, y éstos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Teclado igual que escritura; ✓ Es muy visual; ✓ No hay cambios con el teclado comparado con APL; ✓ El APL no se utiliza, está obsoleto por lo que es bueno cambiar; ✓ Es fácil de aprender en comparación con APL2 y el teclado se utiliza el mismo, no como en APL que había un teclado específico; 	<p>Han indicado otros aspectos negativos 3 alumnos y éstos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Es difícil utilizarlo con las bases de datos habituales en las compañías, éstas están en Spss o Sas; ✓ Creo que habría <i>softwares</i> más útiles que se utilizan más que son específicos de Actuariales y que son difíciles de aprender en otro sitio; ✓ De momento poco implementado en el mercado laboral. ✓ De los 38 alumnos encuestados 32 alumnos, es decir, el 84%, creen que es necesario que un actuario sepa programar. Sin embargo, no todos ellos saben si les será útil en su trabajo el conocimiento del lenguaje R.

Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona.

Respecto de las ventajas del lenguaje de programación R respecto del lenguaje de programación APL2 han marcado destacado que:

Ventajas del lenguaje de programación R respecto del lenguaje de programación APL2
Es más sencillo de aprender, el 53% de los encuestados
Se puede instalar en cualquier ordenador sin necesidad de licencia, el 68% de los encuestados
Es más aplicable a la resolución de temas actuariales, el 53% de los encuestados
Hay mucha información disponible en la <i>web</i> , el 21% de los encuestados
Es un <i>software</i> que creo se utiliza en el mercado laboral más que el APL2, el 42% de los encuestados
Han indicado sólo dos alumnos otras ventajas y éstas son: Teclado; Los paquetes ya programados

Una vez analizadas las encuestas, podemos concluir que la elección del nuevo lenguaje de programación no ha representado un problema extra para el alumnado en el seguimiento de la asignatura, y que además consideran que el conocimiento de un software libre como R les da más autonomía que el uso de APL2, y les aporta un plus a la hora de plantearse la entrada en el mercado laboral debido a que es un programa más utilizado en las Compañías de Seguros que el APL2.

Por otro lado, el esfuerzo extra que ha representado la adaptación de material docente y programas al nuevo software ha sido satisfactorio para el profesorado implicado en la asignatura, no sólo por la aceptación general del alumnado, sino también debido a que en la investigación realizada en el campo actuarial, R es un programa de extensa utilización. La aparición de libros de matemática actuarial en los que la parte de cálculo se realiza con R es cada vez más habitual (por ejemplo Kaas et al., 2008).

6. Conclusiones

En este trabajo hemos explicado la experiencia innovadora realizada en la asignatura de Matemática Actuarial No Vida de la licenciatura de Ciencias Actariales y Financieras que actualmente se cursa en la Universidad de Barcelona. La experiencia ha consistido en el cambio en la enseñanza práctica de la asignatura incorporando el lenguaje de programación R, en lugar del APL2, que desde el curso 1996-97 y hasta el 2009-10 se ha utilizado en las aulas de informática de la Facultad de Economía y Empresa. Aunque ha sido una apuesta arriesgada, pues ha implicado trabajo extra en la preparación de la asignatura, el resultado ha sido muy satisfactorio tanto para el alumnado como para el profesorado.

El nuevo lenguaje de programación no ha representado un problema para el alumnado en el seguimiento de la asignatura., los cuales han considerado, en general, que el conocimiento de un software libre como es el R les ha proporcionado más autonomía que con el conocimiento de APL2, y les ha aportado un plus para la entrada en el mercado laboral, debido a que R es un lenguaje utilizado actualmente en las Compañías de Seguros a diferencia del anterior APL2.

Por otro lado, el esfuerzo extra que ha representado la adaptación de material docente y de programas al nuevo software ha sido satisfactorio para el profesorado, ya que en la investigación internacional del campo actuarial, R es un programa de extensa utilización. La aparición de libros de matemática actuarial en los que la parte de cálculo se realiza en R es cada vez más habitual. Así, la incorporación en la docencia de la asignatura de MANV de paquetes diseñados por investigadores/docentes de universidades no españolas implica que la enseñanza que realizamos de MANV en la Universidad de Barcelona es de alto nivel y se encuentra en sintonía con la del resto de países europeos, cosa que está en concordancia con la tendencia del colegio profesional, el *Col·legi d'Actuaris de Catalunya*.

La experiencia aquí presentada ha implicado un cambio importante en la enseñanza de MANV y se ha hecho extensiva a otras asignaturas de la licenciatura de CAF de la UB. Así mismo, el material elaborado y la experiencia de las profesoras implicadas en la asignatura será de utilidad en las asignaturas que surjan a partir de la futura reconversión de esta licenciatura de segundo ciclo en máster universitario.

Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona.

<Referencias bibliográficas>

Costa, T., Alegre, A., Boj, E., Claramunt, M. M., Mármol, M., Morillo, I. (2009). Una reflexió sobre la relació entre el grau de presencialitat i el procés d'aprenentatge-avaluació. *RIDU: Revista d'Innovació Docent Universitària*, 1, 16–26.
<http://www.raco.cat/index.php/RIDU/article/view/10.1344-05.000000286/178000>

Claramunt, M. M., Boj, E., Costa, T., y Mármol, M. (2010) Enseñanza práctica de la Matemática Actuarial No Vida con R: Análisis de una experiencia innovadora. Ponencia presentada en el VI Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación CIDUI2010, celebrado en Barcelona, el 30 de junio, 1 y 2 de julio de 2010.

Dutang, Ch., Goulet, V., and Pigeon, M. (2008). actuar: An R Package for Actuarial Science. *Journal of Statistical Software*, 25:7, 1–37.

Gesmann, M. (2009). Package 'ChainLadder'. Mack-, Bootstrap and Munich-chain-ladder methods for insurance claims reserving. <http://code.google.com/p/chainladder/>

Goulet, V., and Pouliot, L. P. (2009). Simulation of compound hierarchical models in R. *North American Actuarial Journal*, 12:4, 401–412.

Kaas, R., Goovaerts, M., Dhaene, J., and Denuit, M. (2008). *Modern Actuarial Risk Theory Using R*. Second Edition. Heidelberg: Springer.

Copyright © 2012. Aquesta obra està subjecta a una llicència de Creative Commons mitjançant la qual qualsevol explotació de l'obra haurà de reconèixer els autors de la mateixa, citats a la referència recomanada que apareix a l'inici del document.



Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona.

ANEXO 1. Cuestionario a las universidades que imparten la licenciatura de Ciencias Actuariales y Financieras en España.

1.- Contestado por:

2.- Universidad:

3.- Título de la asignatura en la que se imparten los conocimientos relativos a la Matemática Actuarial (NOTA: si el temario está repartido en distintas asignaturas, por favor, rellenar un cuestionario para cada una de ellas):

4.- Créditos de dicha asignatura: Teóricos: Prácticos:
Totales:

5.- En la docencia de dicha asignatura, ¿el profesor explica ejemplos realizados con ordenador?

SI _____ NO _____

Si se ha contestado SI a la pregunta anterior, ¿con qué lenguaje de programación?

6.- ¿Los estudiantes cursan alguna asignatura anterior donde se explique dicho lenguaje de programación?

SI _____ NO _____

Si se ha contestado SI a la pregunta anterior, ¿cuál es la asignatura?

7.- ¿A los estudiantes se les explica, aunque sea de forma sencilla, dicho lenguaje en la misma asignatura?

SI _____ NO _____

8.- ¿Los estudiantes realizan en clases prácticas con ordenador ejercicios utilizando dicho lenguaje de programación?

SI _____ NO _____

Si se ha contestado SI a la pregunta anterior, ¿de qué partes del temario de la asignatura realizan ejercicios prácticos con el lenguaje de programación?

9.- ¿El lenguaje de programación utilizado está disponible para los estudiantes fuera de la facultad para que puedan practicar?

SI _____ NO _____

Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona.

ANEXO 2. Encuesta inicial a los estudiantes de MANV 2009-2010.

1. ¿Has superado Análisis Numérico?
2. ¿Es la primera vez que te matriculas de MANV?
3. ¿Sabes APL2?
4. Aspectos positivos del lenguaje APL2 en su aplicación a matemática actuarial:
5. Aspectos desfavorables del lenguaje APL2 en su aplicación a matemática actuarial: ...
6. ¿Conoces el lenguaje R?
7. ¿Trabajas? ¿En que tipo de trabajo?
8. ¿En tu trabajo necesitas un lenguaje de programación?
9. ¿Crees que es bueno que las prácticas de MANV se realicen en las aulas de informática con programas?
10. ¿Crees que es necesario que un actuario sepa programar?
11. A priori, ¿consideras que el cambio de APL2 a R será positivo para los estudiantes? ...
12. A priori, ¿consideras que el cambio de APL2 a R será complicado para ti?
13. A priori, ¿consideras que el cambio de APL2 a R añadirá una complicación más a la asignatura de MANV?

Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona.

ANEXO 3. Encuesta final a los estudiantes de MANV 2009-2010.

1. ¿Has utilizado el APL2 en MAV o en Análisis Numérico? SI NO
2. ¿Es la primera vez que te matriculas de MANV? SI NO
3. ¿Trabajas? ¿En qué tipo de trabajo?
4. ¿Conocías previamente el lenguaje de programación R?

Si es que sí, ¿en qué ámbito (en otras asignaturas, en el trabajo, ...)?

5. Consideras que el cambio del lenguaje APL2 al lenguaje R (marca con un círculo):

a. Ha sido positivo en general SI NO

b. Ha incrementado tus dificultades para el seguimiento de la asignatura

SI NO

6. ¿Consideras que el hecho de no haber aprendido el lenguaje de programación R en Análisis Numérico ha representado un problema a la hora de realizar las prácticas de MANV con R? SI NO

7. Aspectos positivos del lenguaje R en su aplicación a la Matemática Actuarial No Vida:

Es software libre / Se puede instalar en cualquier ordenador personal / Hay mucha información disponible en la web (ayuda, información de funciones, ...) / Hay disponibles muchos paquetes y funciones adaptadas a temas actuariales / Es un software muy dinámico / Es muy fácil de aprender y muy lógico en el modo de operar

Indica otros aspectos positivos:

8. Aspectos desfavorables del lenguaje R en su aplicación a la Matemática Actuarial No Vida:

Es difícil de aprender / Los paquetes están en inglés / La ayuda es complicada y no es sencillo encontrar información / No se adapta bien a la resolución de temas actuariales / Es un software muy poco flexible / No creo que se utilice en el mercado laboral

Indica otros aspectos negativos:

9. ¿Crees que es necesario que un actuario sepa programar?

Si es que sí, ¿crees que en tu trabajo te será útil el conocimiento del lenguaje R?

Claramunt Bielsa, M.M.; Alegre Escolano, A., Boj del Val, E., Costa Cor, T., Mármol Jiménez, M., Morillo López, I. (2012) Enseñanza práctica de Matemática Actuarial No-Vida con R: Experiencia innovadora en la Universidad de Barcelona.

10. ¿Cuáles crees que son las ventajas del lenguaje de programación R respecto del lenguaje de programación APL2?

Es más sencillo de aprender

Se puede instalar en cualquier ordenador sin necesidad de licencia

Es más aplicable a la resolución de temas actuariales

Hay mucha información disponible en la web

Es un software que creo se utiliza en el mercado laboral más que el APL2

Indica otras ventajas respecto al APL2:

11. Indica cualquier comentario que consideres útil para la mejora de la parte práctica de la asignatura MANV

//Datos de los autores

Antonio Alegre Escolano, Catedrático de Universidad, Departamento de Matemática Económica, Financiera y Actuarial, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Barcelona, Avenida Diagonal 690, 08034, Barcelona; aalegre@ub.edu

Eva Boj del Val, Profesora Titular de Universidad, Departamento de Matemática Económica, Financiera y Actuarial, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Barcelona, Avenida Diagonal 690, 08034, Barcelona; evaboj@ub.edu

Teresa Costa Cor, Profesora de Escuela Universitaria, Departamento de Matemática Económica, Financiera y Actuarial, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Barcelona, Avenida Diagonal 690, 08034, Barcelona; tcosta@ub.edu

Maite Mármol Jiménez, Profesora Titular de Universidad, Departamento de Matemática Económica, Financiera y Actuarial, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Barcelona, Avenida Diagonal 690, 08034, Barcelona; mmarmol@ub.edu

Isabel Morillo López, Profesora Interina de Universidad, Departamento de Matemática Económica, Financiera y Actuarial, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Barcelona, Avenida Diagonal 690, 08034, Barcelona; imorillo@ub.edu