



Proyecto de Innovación

Convocatoria 2016/2017

N.º de proyecto 260

**Fomento del software libre en los estudios de matemáticas mediante el uso de SAGE**

Responsable del proyecto: Jesús Escribano Martínez

Facultad de Ciencias Matemáticas

Departamento: Sistemas Informáticos y Computación - Lenguajes y Sistemas Informáticos y Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

# 1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

En la actualidad es raro el matemático que no usa software científico en su investigación o su docencia. El gran desarrollo de este tipo de software facilita el trabajo con ejemplos que ilustren y afiancen los conceptos estudiados. También favorece la experimentación autónoma de los alumnos.

En este sentido, varios productos comerciales están muy extendidos, entre ellos cabe destacar Maple, Mathematica y MatLab. Los tres son software propietario, es decir, no tenemos acceso a su código fuente y no es posible modificarlo para adaptarlo a nuestros propósitos. Existe un movimiento muy extendido [1] que aboga por el uso del software libre en general. Además de las razones de libertad aducidas por este movimiento, en el caso de las matemáticas (y de la ciencia, en general) tenemos otra más: usar software propietario invalida un paso importante en el método científico pues hace que la parte del trabajo realizado por el software propietario no resulte verificable por cualquiera. Además, aún asumiendo que el software realiza los cálculos de forma correcta, para reproducir los resultados es necesario disponer de una licencia del software en cuestión.

Gran parte del software matemático libre es muy específico. Podemos citar GAP (teoría de grupos [2]), SINGULAR (anillos de polinomios [3]) o PARI (teoría de números [4]). Cada uno de los anteriores tiene su propio lenguaje de programación, haciendo que la interacción de unos con otros sea complicada o, al menos, no estándar.

SAGE [5] es un sistema de cálculo simbólico (CAS) de propósito general. Es un proyecto de software libre iniciado en el 2004 por William Stein (<http://wstein.org/>), profesor de la Universidad de Washington. Su principal característica es que integra el software matemático libre existente, siendo posible desde SAGE acceder a GAP, SINGULAR, PARI y otros sistemas de cálculo matemático. De esta forma se unifica el acceso y la interacción entre ellos bajo el paraguas de un lenguaje de programación común ampliamente extendido: Python [6].

Nuestro propósito es crear los materiales necesarios para que los alumnos de la Facultad de Matemáticas puedan usar SAGE a la hora de realizar cálculos matemáticos relacionados con las asignaturas que cursan o vayan a cursar en el futuro. En este proyecto nos planteamos lo siguiente:

- El curso pasado, amparado por el PIMCD 251, se impartió un curso a lo largo del segundo cuatrimestre (15 sesiones de dos horas) de introducción a SAGE. Nuestra intención es repetir en el próximo año este curso, ampliando la colección de materiales realizados hasta el momento y que sirvan de referencia a los alumnos de la facultad para poder usar SAGE.
- Mantener y ampliar el servidor SAGE (<https://www.turing.mat.ucm.es:8080>) montado el curso pasado y en el cual los alumnos de la facultad pueden usar SAGE.
- Estudiar la posibilidad de integrar la corrección de ejercicios pensados para SAGE dentro de FLOP y mejorar sus capacidades[7].
- Impartir charlas dirigidas a los profesores de la facultad para fomentar el uso de Sage como software para el cálculo matemático en la docencia.
- Difundir el SW libre entre el PAS y el PDI.
- Incorporar otros recursos matemáticos basados en software libre y útiles con propósitos científicos en general, tales como numpy, scipy, sympy, sklearn, por mencionar módulos de Python, y también programas como GeoGebra, octave, etc. y su posible integración en SAGE.

- El desarrollo del software libre en la administración de la universidad.
- Explorar otros sistemas de compartición de recursos y materiales, de manera más amplia, como SageMathCloud.

En resumen, los objetivos del proyecto son:

1. Dar a conocer SAGE entre los profesores y alumnos de la facultad de Matemáticas.
2. Fomentar el uso de software libre en la facultad. Aunque el proyecto se centra en dar a conocer SAGE, también pretendemos dar a conocer las ventajas éticas y prácticas del uso de software libre; sobre todo en el ámbito científico y académico.
3. Dotar a los alumnos de herramientas para el trabajo autónomo en su aprendizaje de las matemáticas. De una parte el uso de un Sistema de Cálculo simbólico facilita el desarrollo y la experimentación con ejemplos que, de otra forma, serían inabordables o difíciles de estudiar sin la ayuda del profesor. Por otro lado el uso de FLOP puede facilitar la autoevaluación del alumno facilitando ejercicios cuya solución se verifica de forma automática.
4. Formar una "comunidad de apoyo mutuo" en el uso de SAGE y del software libre en general.
5. Ofrecer la infraestructura (un servidor para trabajar con SAGE de forma remota) para que los alumnos puedan usar SAGE sin necesidad de pasar por los detalles técnicos de su instalación.

[1] <http://www.fsf.org/about/>

[2] <http://www.gap-system.org/>

[3] <http://www.singular.uni-kl.de/>

[4] <http://pari.math.u-bordeaux.fr/>

[5] <http://www.sagemath.org/>

[6] <https://www.python.org/>

[7] FLOP es un sistema fruto de varios proyectos de innovación previos. FLOP es un juez on-line (<http://problem-g.estad.ucm.es>) que permite la corrección automática de prácticas de programación

## 2. Objetivos alcanzados

1. *Dar a conocer SAGE entre los profesores y alumnos de la facultad de Matemáticas.* Este objetivo ha sido alcanzado. A través del curso de Sage que se ha desarrollado en la Facultad de Matemáticas en el segundo cuatrimestre del curso 2016/2017, del que se ha hecho una amplia difusión, el conocimiento de esta software se ha ampliado entre los estudiantes y profesores de la Facultad de Matemáticas.
2. *Fomentar el uso de software libre en la facultad.* Este objetivo se ha cumplido también. Además de la consolidación del grupo de profesores que utilizan Sage en su tareas académicas, el curso de Sage ha permitido que los alumnos utilicen esta aplicación en sus tareas académicas habituales. El curso no trata sólo de introducir los conceptos básicos de Sage. También se han explicado aplicaciones avanzadas de Sage en los distintos campos de las matemáticas.
3. *Dotar a los alumnos de herramientas para el trabajo autónomo en su aprendizaje de las matemáticas.* Objetivo alcanzado, en la línea de lo expresado en los puntos 1 y 2. Sin embargo, no se ha podido avanzar en la integración de Sage y FLOP.
4. *Formar una "comunidad de apoyo mutuo" en el uso de SAGE y del software libre en general.* Objetivo también alcanzado. El desarrollo de este curso ha generado una gran interacción sobre el uso del software libre matemático, tanto entre profesores como entre alumnos.

5. *Ofrecer la infraestructura (un servidor para trabajar con SAGE de forma remota) para que los alumnos puedan usar SAGE sin necesidad de pasar por los detalles técnicos de su instalación.* Objetivo alcanzado. Los recursos económicos aportados por el proyecto se han utilizado principalmente en mantener y reforzar el servidor Sage. Esto ha permitido que este servidor pueda dar servicio a todos los alumnos del curso y de la Facultad de Matemáticas, sin que se resientan la potencia de cálculo y la velocidad.

### 3. Metodología empleada en el proyecto

La pieza clave para el desarrollo del proyecto ha sido la realización del curso de Sage. Este curso está dirigido a alumnos de la Facultad de CC. Matemáticas o de otras facultades de ciencias que hayan superado el primer curso de grado y proporciona dos créditos a los alumnos de la Facultad de CC. Matemáticas. El curso comenzó en febrero del 2017 y consistió en dos horas semanales a lo largo del segundo cuatrimestre. Se ofertaron 35 plazas, y se cubrieron todas (de hecho, hubo lista de espera).

El curso fue impartido por los profesores Elias Baro, Jorge Caravantes, Jorge Carmona, Jesús Escribano, José Ángel González Prieto, Carlos Gregorio, Juan José Madrigal y Antonio Valdés.

El temario del curso ha sido:

1. Introducción a Sage
2. Cálculos Básicos
3. Programación básica y resolución de ecuaciones
4. Álgebra Lineal
5. Cálculo
6. Aproximación funciones (y GITHUB)
7. Programación
8. Aprendizaje automático
9. Prueba Formales

Como se ha mencionado anteriormente, para el desarrollo del curso ha sido fundamental el correcto funcionamiento del servidor Sage, en el que se han invertido prácticamente todos los recursos económicos del proyecto.

### 4. Recursos humanos

En el desarrollo del proyecto han participado las siguientes personas:

1. Jesús Escribano Martínez (PDI)
2. Jorge Carmona Ruber (PDI)
3. Antonio Valdés Morales (PDI)
4. Elías Baro González (PDI)
5. Jorge Caravantes Tortajada (PDI)
6. Juan Andrés Claramunt Pérez (Estudiante)
7. María Pilar Fernández Rodríguez (PAS)
8. María Luz Divina Bellido Terrones (PAS)

Todos los miembros del proyecto PDI han participado en el curso Sage. El resto de los miembros han participado en discusiones para el desarrollo del curso, gestión de los recursos y difusión del proyectos en la comunidad académica.

Además, en el curso han participado también:

- Carlos Gregorio
- José Ángel González Prieto y

- Juan José Madrigal.

## **5. Desarrollo de las actividades**

Como se ha mencionado en el punto 3, la clave del proyecto es el desarrollo del curso sobre Sage. En este curso (los profesores y el temario están en el punto 3) se ha dado, en primer lugar, una introducción a los conceptos básicos de Sage. Una vez consolidados los conceptos básicos, se han explicado una variada serie de temas de gran importancia para ampliar los conocimientos matemáticos de los estudiantes y permitir su desarrollo práctico.

Los detalles están en el punto 3.

## 6. Anexos

Cartel del curso Sage



# Curso de SageMath

SageMath es un programa matemático que ofrece una alternativa de código abierto y libre a Maple, Mathematica, Matlab y otros programas propietarios.

SageMath está construido a partir de, aproximadamente, 100 programas de código abierto y libre. Se puede usar para hacer matemáticas elementales o avanzadas, puras o aplicadas. Entre otras cosas, se puede hacer álgebra básica, cálculo diferencial, teoría de números desde elemental a avanzada, criptografía, cálculo numérico, álgebra conmutativa, teoría de grupos, combinatoria, teoría de grafos, álgebra lineal y mucho más. Se adapta bien tanto a la enseñanza como a la investigación.

Este curso se dirige a alumnos de la Facultad de CC. Matemáticas o de otras facultades de ciencias que hayan superado el primer curso de grado y puede proporcionar dos créditos a los alumnos de la Facultad de CC. Matemáticas.

El curso comenzará en febrero del 2017 y consistirá en dos horas semanales a lo largo del segundo cuatrimestre. El horario se decidirá intentando adaptarse a las necesidades de los interesados. Habrá 35 plazas disponibles.

Profesores: Elias Baro, Jorge Caravantes, Jesús Escribano, Carlos Gregorio, Juan José Madrigal, Antonio Valdés.

Los interesados pueden escribir a [<ebaro@ucm.es>](mailto:ebaro@ucm.es)

