

GitHub y Google Colaboratory para el desarrollo, comunicación y gestión de prácticas en los laboratorios de informática

Jesús Aransay, Ángela Casado-García, César Domínguez, Manuel García-Domínguez, Jónathan Heras, Adrián Inés, Gadea Mata, y Beatriz Pérez

Departamento de Matemáticas y Computación

Universidad de La Rioja

Logroño

gadea.mata@unirioja.es

Resumen

Las actividades realizadas en las sesiones de laboratorio de informática juegan un papel fundamental en las asignaturas de los grados en Informática. Dentro de las sesiones de laboratorio de informática, las que tienen como objetivo el aprendizaje de programación, o que hacen uso de ella para aprender otros conceptos, tienen la dificultad de requerir un desarrollo, gestión y entrega de código por parte del estudiantado, así como la resolución de dudas y corrección de las prácticas por el profesorado. Además, desde marzo del 2020, se han incrementado las tutorías online, siendo el correo electrónico la principal vía de comunicación, con los retos que esto supone para proporcionar un feedback adecuado en las prácticas en las que se implementa código. En este trabajo se han analizado las herramientas de comunicación (como los *issues*) que ofrecen los sistemas de gestión de versiones (como Git y su implementación a través de GitHub) para mejorar la comunicación estudiantado-profesorado. A su vez, se ha estudiado la viabilidad del uso de herramientas online (como Google Colaboratory) para el desarrollo de prácticas informáticas, y su conexión con sistemas de control de versiones. Estas propuestas han sido evaluadas por el estudiantado para conocer su opinión sobre la gestión de las prácticas mediante el uso de estas herramientas.

Abstract

The tasks conducted by students during the lab sessions play a key role in undergraduate courses of Computer Science. The lab sessions of each course have their own peculiarities, but some common challenges are faced in lab sessions that aim to teach how to program, or that require some programming to learn other concepts. Such lab sessions require, from the students

side, the development, management and submission of code, and, from the lecturers side, solving issues and marking the code. Moreover, since 2020 the e-mail has become the main mean of communication between students and lecturers; however, this is not the best tool to provide an adequate feedback about code-related questions. In this work, we have analysed the tools of communication (as *issues*) offered by control version systems (namely Git and its implementation through GitHub) to improve the communication between lecturers and students. In addition, we have studied online programming tools (as Google Colaboratory) and their connection with control version systems. Finally, all these actions have been evaluated by the students to know their opinions about managing lab sessions using these tools.

Palabras clave

Prácticas informáticas, programación, comunicación, herramientas online, Git, GitHub, Google Colaboratory

1. Introducción

Las actividades realizadas en las sesiones de laboratorio de informática juegan un papel fundamental en las asignaturas de los grados en Informática [1]. Independientemente de la asignatura, las sesiones de laboratorio de informática, y en especial aquellas que tienen como objetivo el aprendizaje de programación, requieren un desarrollo, gestión y entrega de ejercicios por parte del estudiantado, así como la resolución de dudas y corrección de las prácticas por parte del profesorado. A lo largo de los cursos, se ha detectado una serie de problemáticas relacionadas con la comunicación estudiantado-profesorado y con los entornos de

desarrollo utilizados para llevar a cabo las prácticas de programación. Estos problemas se han visto agravados durante la pandemia.

La comunicación estudiantado-profesorado se ha realizado tradicionalmente de dos maneras: mediante tutorías presenciales, o mediante correos electrónicos. La pandemia por COVID-19 que estamos padeciendo ha influido notablemente en muchos aspectos de la docencia en la que muchas actividades presenciales han tenido que adaptarse a un formato virtual [3,4]. En particular, desde marzo del 2020, las tutorías presenciales han sido en su mayoría reemplazadas por tutorías online, y el correo electrónico se ha establecido como principal vía de comunicación. Estos cambios conllevan una serie de retos, en especial para proporcionar un *feedback* adecuado en las prácticas en las que el estudiantado tiene que implementar código. Por todo ello, es necesario estudiar vías de comunicación adicionales que mejoren la comunicación estudiantado-profesorado.

Por otra parte, hasta el curso 2020/21, la mayoría del estudiantado realizaba la mayor parte de sus prácticas en los ordenadores de la Universidad, los cuales disponen de todos los programas en su versión adecuada para realizar las prácticas. El inicio de la pandemia supuso que las prácticas debieran realizarse en los ordenadores personales, y esto se ha perpetuado con la puesta en marcha de la semipresencialidad llevada a cabo en el presente curso [3]. Debido a que la puesta en funcionamiento de los entornos de prácticas en los ordenadores personales del estudiantado no está exenta de dificultades, es necesaria la búsqueda de alternativas que faciliten la realización de prácticas desde sus ordenadores personales independientemente de las particularidades técnicas.

Ante los problemas mencionados, en este trabajo se presenta una experiencia docente donde se han analizado por un lado las herramientas de comunicación proporcionadas por los sistemas de control de versiones, en concreto Git, y los repositorios de GitHub; y, por otro lado, el uso de herramientas en la nube que no requieren instalación. En concreto, en este trabajo nos planteamos los siguientes objetivos:

- Analizar las herramientas de comunicación que ofrecen los sistemas de gestión de versiones para estudiar si mejoran la comunicación estudiantado-profesorado.
- Estudiar la viabilidad del uso de herramientas online para desarrollo de prácticas y su conexión con sistemas de control de versiones.

Durante el desarrollo del proyecto estos objetivos se centraron básicamente en el estudio de dos herramientas en dos asignaturas de un Grado en Informática. Para el primero analizamos el uso de propuestas (en inglés *issues*) del sistema de gestión de versiones Git y su im-

plementación a través de GitHub en la asignatura de Programación de Bases de Datos (asignatura obligatoria del segundo curso del Grado). Para el segundo objetivo centramos el estudio en la herramienta Google Colaboratory en la asignatura de Inteligencia Artificial (asignatura optativa del tercer curso del Grado).

2. Trabajo relacionado

Los sistemas de control de versiones como Git, y sus implementaciones a través de GitHub o GitLab, están ampliamente extendidos para gestionar proyectos de software [18]. Este tipo de herramientas van más allá de un control de versiones del código que se está implementando, ya que proporcionan un repositorio de proyectos y actúan como un lugar de encuentro social para interesados, apoyando a las comunidades de desarrolladores. Actualmente los educadores han visto el potencial de las funciones de colaboración de Git para gestionar, mejorar y, quizás incluso, transformar, la experiencia de aprendizaje [18]. Esto hace que el uso de estas herramientas esté cada vez más extendido en asignaturas, particularmente de programación [6–10, 12, 16].

Inicialmente, los sistemas de control de versiones fueron usados en educación como un sistema que pretendía emular a los sistemas de gestión de aprendizaje como plataformas para subir trabajos o como repositorios de los contenidos de las asignaturas [18]. Este uso proporcionaba beneficios como transparencia en la actividad que realiza cada estudiante, la reutilización y puesta en común de los materiales y conocimientos del curso, y un espacio compartido y versionado de cursos [18]. Actualmente se están ampliando los usos en docencia aprovechando las diversas funcionalidades de estos entornos. Ejemplos de estos usos son realizar el control de versiones de las prácticas desarrolladas por el estudiantado [7, 10], facilitar el trabajo en equipo [8, 13, 17], registrar un diario de actividades y monitorizar la realización de tareas [6, 13, 17], y proporcionar retroalimentación y evaluación de las prácticas [6, 9]. Otro uso a destacar en docencia es aprovechar las posibilidades de comunicación que ofrecen estas herramientas. Por ejemplo, López-Pellicer *et al.* [13] proponen micro foros de discusión a través de los comentarios a cualquier cambio realizado en el código, y mediante los *issues* asociados a un repositorio público. Además, López-Pellicer *et al.* [13] permiten al propietario del repositorio (por ejemplo, una profesora) moderar dichos comentarios y realizar una interacción profesora-estudiante durante las entregas [13]. Paralelamente, se han desarrollado herramientas de código abierto para complementar o facilitar el uso de los sistemas de control de versiones en la docencia (es posible encontrar una revisión de dichas herramientas

Asignatura	Curso	Tipo	Nivel	Nº matriculados	Nº encuestas	% participación
Programación de Bases de Datos	2º	Obligatoria	Grado	53	23	43
Inteligencia Artificial	3º	Optativa	Grado	25	17	68

Tabla 1: Asignaturas de estudio y datos de participación

en [6]). Una de estas herramientas es RepoBee [12]. Esta herramienta permite una gestión más cómoda de los repositorios y los *issues* de GitHub, así como la administración de revisión por pares de tareas por parte del estudiantado.

De modo similar, entornos virtuales como Google Colaboratory también están siendo cada vez más usados en docencia [2, 8, 11, 15]. Esta herramienta permite ejecutar cuadernos de Jupyter online desde cualquier navegador. Estos entornos están pre-configurados con las librerías esenciales que se usan en lenguajes de programación como Python y dan acceso gratuito a GPUs (del inglés, *Graphical Processing Unit*) y TPUs (del inglés, *Tensor Processing Unit*) a través de una cuenta de Google, sin necesidad de instalar nada en el equipo propio.

Es importante destacar la integración de Google Colaboratory con GitHub de modo que este entorno de Google se puede conectar directamente con repositorios de GitHub. Por ello el estudiantado puede guardar fácilmente su progreso realizado en los cuadernos de Jupyter en un repositorio GitHub determinado [8].

A través de este trabajo se pretende realizar un análisis del uso que se ha hecho en nuestro contexto por parte del estudiantado de GitHub y en particular de sus *issues*, y de su integración con Google Colaboratory. Dicho estudio, centrado en estos *issues* como herramienta de comunicación y resolución de dudas, pretende ir más allá de lo descrito en [8, 12] o [13].

3. Desarrollo del proyecto

Los dos objetivos planteados en este trabajo se han enmarcado dentro del estudio de dos asignaturas específicas de diferentes niveles de grado durante el curso 2020/21. Dichas asignaturas corresponden a Programación de Bases de Datos e Inteligencia Artificial (ver Tabla 1). Si bien las citadas asignaturas se caracterizan por su enfoque práctico en que las prácticas informáticas tienen un gran peso, éstas se han elegido principalmente por ofrecer una casuística diversa, la cual nos permita fundar una opinión lo más objetiva posible sobre la gestión de las prácticas mediante el uso de las herramientas analizadas. Las diferencias de estas dos asignaturas radican no solo en términos de materia y nivel académico, sino también en lo que a número y perfil del estudiantado se refiere. En el primer caso, Programación de Bases de Datos (obligatoria de 2º

curso de Grado, segundo semestre) se presenta como una asignatura enfocada a dotar al estudiantado de las herramientas necesarias para desarrollar los módulos que gestionan la base de datos en aplicaciones de gestión que utilizan bases de datos como soporte de almacenamiento. Por otro lado, la asignatura de Inteligencia Artificial (optativa de 3º curso de Grado, segundo semestre) principalmente tiene como objetivo formar al estudiantado en diferentes áreas de la inteligencia artificial (como aprendizaje automático y visión por computador). Respecto al número y perfil del estudiantado, si bien la asignatura de Programación de Bases de Datos, al ser obligatoria de Grado, cuenta con un grupo numeroso de estudiantes (ver Tabla 1), la asignatura de Inteligencia Artificial, por su carácter optativo, cuenta con un número más reducido de estudiantes.

Para gestionar las prácticas de programación de las dos asignaturas se utiliza Git, y su implementación a través de GitHub, junto con GitHub Classroom [5], una plataforma orientada especialmente al profesorado para que pueda administrar y organizar de manera fácil los proyectos planteados en el aula a través de GitHub. Más concretamente, para cada práctica, el profesorado simplemente tiene que crear un *repositorio de plantilla* (en inglés *template*) con el código inicial, documentación y otros recursos asociados a la práctica y, posteriormente, cada estudiante clona dicho repositorio para utilizarlo como fuente para el desarrollo de su práctica. En cada repositorio de GitHub se pueden utilizar los *issues* como herramienta de seguimiento del desarrollo del mismo. Además, en el caso de la asignatura de Inteligencia Artificial se utiliza el entorno virtual *Google Colaboratory* integrado con GitHub, para el desarrollo de las prácticas, las cuales utilizan Python como lenguaje de programación. A continuación se detallan las características de estas dos herramientas, motivando su elección para este trabajo.

GitHub Issues. Las propuestas, o *issues*, de GitHub¹ son una herramienta de seguimiento disponible en todos los repositorios de GitHub. En términos generales, las propuestas sirven para reportar errores, recopilar opiniones de los usuarios, o solicitar información de un repositorio. Su uso habitual suele asemejarse al de un foro, facilitando el procesamiento de las solicitudes realizadas o incluso el envío de documentación. Además, las propuestas se pueden etiquetar permitiendo de

¹<https://rewind.com/blog/best-practices-for-using-github-issues>

esta forma establecer categorizaciones, facilitando la búsqueda de *issues* por un determinado tema o palabra clave y su posterior gestión. La funcionalidad descrita ha motivado la elección de los *issues* como herramienta de comunicación en la asignatura de Programación de Bases de Datos, con objeto de utilizarla para resolver las dudas surgidas por el estudiantado durante la realización de sus prácticas informáticas. El planteamiento que se le ha dado al uso de los *issues* en dicha asignatura es el siguiente. Para cada práctica, la profesora toma como base el *repositorio de plantilla* de GitHub asociado a la misma y da permiso de acceso de tipo *triage* a cada uno de los estudiantes, para permitirles gestionar *issues* asociados a dicho repositorio pero sin darles permisos de escritura sobre el mismo. De esta forma los estudiantes pueden publicar en dicho repositorio, a través de *issues*, las dudas que les hayan surgido en relación a la realización de dicha práctica, así como consultar y proponer (al igual que la profesora) soluciones a las dudas lanzadas por sus compañeros. La propuesta del uso de *issues* en esta experiencia contrarresta la forma en la que se realizaba la comunicación profesora-estudiantado en cursos previos de la asignatura de Programación de Bases de Datos. Más concretamente, además de utilizar el correo electrónico como principal vía de comunicación, se empleaba la herramienta de foros del Aula Virtual de la asignatura. En particular, se creaba un foro para cada práctica de la asignatura, el cual se utilizaba para resolver las dudas surgidas por el estudiantado durante la realización de la misma. Esta forma de trabajo conllevaba la separación física entre la gestión y entrega de las prácticas (a través de GitHub) y la resolución de dudas surgidas por el estudiantado (a través del Aula Virtual), razón que ha contribuido a la elección de la herramienta *issues*, por estar integrada en GitHub.

Google Colaboratory. También conocida como *Google Colab* [14], se trata de una herramienta en la nube basada en cuadernos de Jupyter, que permite desarrollar y ejecutar código Python sin requerir ningún tipo de configuración previa. Además, da acceso gratuito a GPUs y TPUs para maximizar el cómputo del proyecto en el cual se utiliza. Google Colaboratory está diseñada para ser integrada fácilmente con GitHub, permitiendo tanto cargar cuadernos de Jupyter desde esta plataforma como almacenar cuadernos en el propio GitHub. Todo ello la hace especialmente adecuada para tareas de aprendizaje automático, análisis de datos y educación, lo que ha motivado su uso en la asignatura de Inteligencia Artificial. Google Colaboratory ha sido empleado como entorno de desarrollo online, en el que los estudiantes cargaban una serie de notebooks de Jupyter proporcionados por el profesorado mediante repositorios de GitHub. En dichos cuadernos, el estudiantado debía responder a los ejercicios planteados

mediante la implementación de código.

En este punto merece la pena hacer notar que, previo a la realización de esta experiencia, los estudiantes de ambas asignaturas habían trabajado con GitHub para la gestión de las prácticas de programación y se les había dado a conocer la herramienta *GitHub issues* en la asignatura de Programación Orientada a Objetos (obligatoria de 2º curso del Grado en Ingeniería Informática, primer semestre). No obstante, tras haber pasado el primer curso, los estudiantes en el segundo curso deben hacer un esfuerzo notable respecto al aprendizaje de nuevas tecnologías y modo de trabajo más exigente. Es por ello por lo que en la asignatura de Programación Orientada a Objetos la comunicación estudiantado-profesorado se realizaba principalmente mediante tutorías y correo electrónico, dejando el uso de *issues* a elección del alumnado (siendo dicho uso prácticamente inexistente). Por otro lado, los estudiantes de Inteligencia Artificial no estaban familiarizados con la herramienta *Google Colaboratory*, dado que ninguna asignatura previa en el plan formativo del Grado requiere su uso. Tanto para GitHub issues como para Google Colaboratory, además de las explicaciones proporcionadas por el profesorado para explicar el uso de dichas herramientas, el estudiantado tenía a su disposición diversos vídeos explicativos desarrollados por el profesorado.

Con objeto de valorar la opinión del estudiantado respecto al uso e integración de cada herramienta en el aula se elaboraron dos encuestas con preguntas de escala Likert de cuatro puntos (1- lo más negativo a 4- lo más positivo), dicotómicas con respuesta "Sí/No" y de elección única (véanse las preguntas incluidas en ambas encuestas en la Figura 1 y en el Material Suplementario²). Dado que las herramientas analizadas tienen GitHub como nexo común, se decidió que ambas encuestas compartirían una serie de preguntas relacionadas con aspectos organizativos y de gestión de las prácticas, en general, y con el uso de GitHub, en particular (ver preguntas desde la P1 hasta la P10 en la Figura 1). Cada encuesta se completó con otro conjunto de preguntas propias del uso de la herramienta objeto de análisis (ver preguntas de la P11 a la P15, en el caso de la encuesta que valoraba el uso de *issues*, y de la P16 a la P22, en el caso de la encuesta que valoraba *Google Colaboratory*).

Dichas encuestas fueron puestas a disposición de los estudiantes a través de Google Forms, los cuales pudieron responder de forma anónima y voluntaria a las mismas durante las dos últimas semanas del curso académico. Como se puede apreciar en la Tabla 1, el grado de participación del estudiantado matriculado en las dos asignaturas fue dispar (43 % y 68 %), quizá motivado por el carácter voluntario de las encuestas.

²<https://doi.org/10.5281/zenodo.6531687>

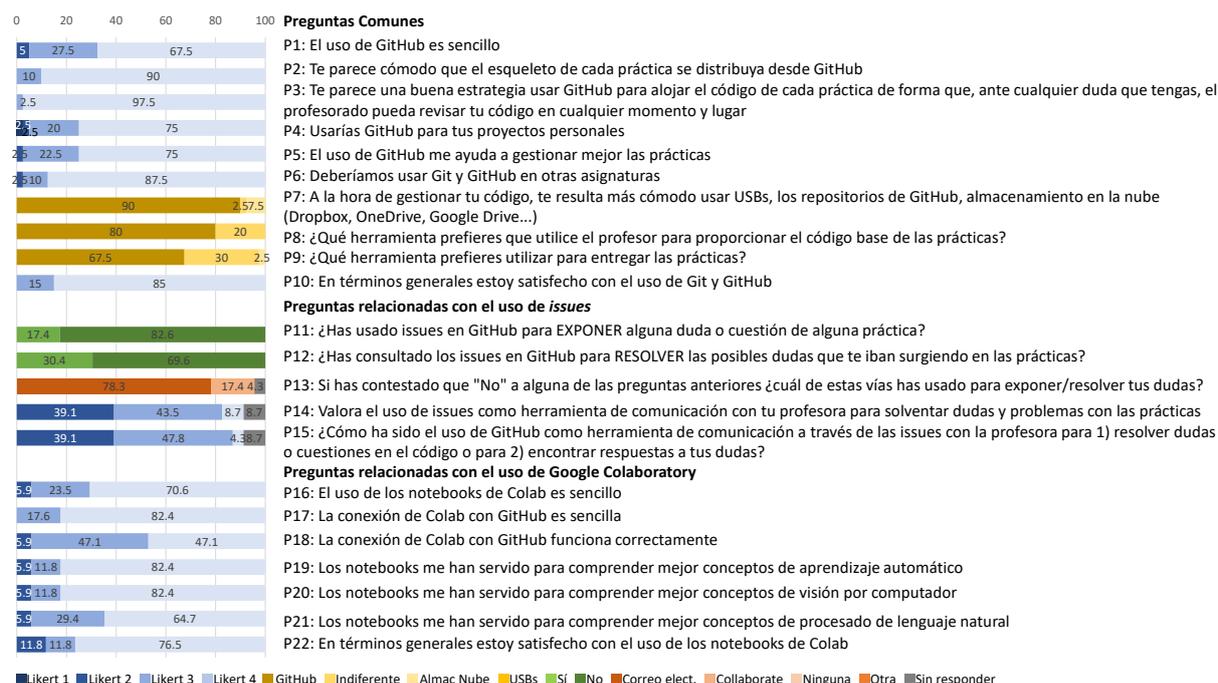


Figura 1: Porcentaje de respuesta obtenido para cada una de las preguntas.

4. Resultados

El estudio de los resultados obtenidos lo dividimos en tres partes, una por cada uno de los puntos de interés explicados en el apartado anterior: GitHub para la gestión de prácticas, el uso de *issues* de GitHub, y Google Colaboratory para el desarrollo de prácticas.

Para poder realizar una interpretación más completa, se analizaron los resultados obtenidos en cada una de las preguntas (ver Figura 1 y Material Suplementario). Por otro lado, en el caso de las preguntas de tipo Likert, se decidió además realizar un análisis específico agrupando las respuestas en dos grupos (ver la Figura 2). Más concretamente, las respuestas con valor 1 y 2 formaron un grupo y fueron consideradas como respuestas negativas y las respuestas con valor 3 y 4 formaron otro grupo y se interpretaron de manera positiva. Esta agrupación de las respuestas junto con el resultado obtenido previamente nos permitieron interpretar de una manera más fácil los resultados dentro de una misma pregunta, así como la comparación entre las distintas asignaturas.

Del estudio de las gráficas generadas y su interpretación se desprenden las siguientes afirmaciones.

- Sobre GitHub para la gestión de prácticas: el estudiantado está de acuerdo con el uso de esta herramienta para la gestión de prácticas y, de hecho, la prefiere a otras vistas en el mismo Grado. Además, esta preferencia es aproximadamente igual

en ambas asignaturas.

- Sobre el uso de *issues* de GitHub para la comunicación estudiantado-profesorado: los resultados han constatado que el estudiantado no ha hecho un uso significativo de esta herramienta, optando por otras alternativas como el Aula Virtual de la asignatura o el correo electrónico.
- Sobre el uso de *Google Colaboratory* para el desarrollo de las prácticas: el estudiantado valora positivamente el uso de esta herramienta *online* para el desarrollo de las prácticas y de su integración con la herramienta de gestión de prácticas GitHub.

5. Discusión

Los resultados obtenidos en nuestro estudio revelan varias cuestiones.

En primer lugar, la necesidad y la utilidad de herramientas que faciliten la comunicación estudiantado-profesorado, particularmente de manera online. Es evidente que GitHub es mucho más que una herramienta de comunicación, y su utilidad junto a GitHub Classroom para la gestión del código del estudiantado está fuera de toda duda (ver Sección 2 así como los resultados de nuestro estudio), pero también es importante resaltar que incluye herramientas de comunicación (como los *issues*) que deberían simplificar la comunicación estudiantado-profesorado. Si bien los resultados



Figura 2: Para cada asignatura, porcentaje de respuestas agrupadas de las preguntas con escala Likert sobre GitHub.

alcanzados en nuestra experiencia docente no muestran una gran adhesión del estudiantado hacia los *issues*, no es menos cierto que los mismos se usan como herramienta de comunicación en proyectos reales de desarrollo de software en los que participa un elevado número de desarrolladores, y que tienen utilidades relevantes como la posibilidad de incluir código y referencias al propio repositorio. La baja aceptación de esta herramienta por parte del estudiantado la justificaríamos por dos motivos: en primer lugar, por el hecho de ser una herramienta novedosa, lo cual hace que el estudiantado recurra a herramientas con “más tracción” como por ejemplo el e-mail o el Aula Virtual, con la que el estudiantado está más familiarizado de asignaturas previas. En segundo lugar, algunas cuestiones técnicas, como por ejemplo que la gestión de *issues*, al menos hasta donde nosotros sabemos, no pueda ser hecho desde los entornos de desarrollo empleados en Programación de Bases de Datos, obligando al estudiantado a acceder al entorno web³, ha podido conducir a parte del estudiantado a usar los otros medios de comunicación que hemos nombrado en el punto anterior, cuyo uso encuentran más sencillo o inmediato.

6. Conclusiones y trabajo futuro

Destacamos a continuación las conclusiones obtenidas a través de esta experiencia docente.

GitHub es una herramienta útil tanto para el estudiantado como para el profesorado, cuyo uso básico se puede aprender de una manera sencilla y gracias a la cual el estudiantado hace una mejor gestión de su código y el profesorado también es capaz de hacer una mejor gestión (incluyendo tanto el almacenamiento como la corrección) de las prácticas del estudiantado. De hecho, el uso de GitHub en sí ya facilita la comunicación entre estudiantado y profesorado, ya que permite que ambos usen e intercambien código e ideas trabajando sobre el mismo repositorio.

³<https://github.com>

Google Colaboratory es una herramienta útil para el estudiantado. Por su integración con GitHub tiene las ventajas enumeradas en el punto anterior, y por el hecho de ofrecer recursos computacionales valiosos al estudiantado de manera simple facilita el desarrollo y ejecución de ejemplos no triviales que permiten ilustrar técnicas computacionales complejas, mejorando así su formación.

GitHub *issues* es una herramienta de comunicación útil. Permite una comunicación fluida y provechosa en cuanto la profesora se comunica de manera individual con cada estudiante usando el propio repositorio del estudiante, pero para conseguir una comunicación efectiva entre profesora y el grupo de estudiantes, requiere que los estudiantes accedan a un repositorio adicional y común (*template* de la práctica) para publicar las dudas. Siendo que hoy en día hay herramientas de comunicación (de tipo *foros*) que permiten y facilitan la comunicación “estudiante-estudiante” y además cuentan con buenos mecanismos de recuperación de información, nos resulta difícil hacer una recomendación definitiva sobre el uso de GitHub *issues*, aunque apreciamos algunas de sus ventajas.

Como trabajo futuro nos gustaría abordar la búsqueda de mejores herramientas de comunicación “profesora-estudiante” y “estudiante-estudiante”, que permitan disfrutar de las ventajas de *issues* (como el uso de sintaxis enriquecida para el código fuente, las referencias a repositorios, o la posibilidad de asignar un *issue* a ciertos usuarios o colaboradores), y que por supuesto tengan facilidades de almacenamiento y búsqueda de información para el resto del estudiantado (del mismo curso o de cursos venideros). Una herramienta como la anteriormente presentada RepoBee pero para gestionar y almacenar los *issues* podría ser de utilidad.

Un objetivo más abstracto, pero sin duda siempre perseguido, es el de seguir encontrando herramientas que faciliten al estudiantado la gestión de sus prácticas y el acceso a los recursos computacionales necesarios para ejecutar o desplegar las mismas. En esta catego-

ría podemos mencionar desde entornos de desarrollo online como replit (<https://replit.com/>) a entornos virtuales para despliegue de aplicaciones (por ejemplo basados en tecnologías Docker), pero siempre priorizando la simplicidad de uso de las herramientas utilizadas, y salvaguardando la integridad de las asignaturas en que se usen las mismas, de tal forma que no deban verse alteradas o modificadas por el uso de estas nuevas herramientas.

Referencias

- [1] Peter J. Denning, Douglas E Comer, David Gries, Michael C. Mulder, Allen Tucker, A. Joe Turner, y Paul R Young. Computing as a discipline. *Computer*, 22(2):63–70, 1989.
- [2] Alejandro Marrero Díaz, Eduardo Manuel Segredo González, Coromoto León Hernández, y Gara Miranda Valladares. La herramienta Google Colab en la enseñanza de ciencia de datos: Propuesta de actividades. En *XI Congreso Iberoamericano de Docencia Universitaria: La transformación digital de la universidad, CIDU 2021*, pp. 347–360, La Laguna, enero 2021.
- [3] L Duran-Lopez, D Gutierrez-Galan, E Cerezuela-Escudero, A Rios-Navarro, y JP Dominguez-Morales. Semipresencialidad en tiempos de COVID-19: adaptación de la docencia en el ámbito de Fundamentos de Informática. En *Actas de las XXVII Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, Jenui 2021*, volumen 6, pp. 307–310, Valencia, julio 2021.
- [4] Thomas Farnell, Ana Skledar Matijevic, y Ninoslav Šukanec Schmidt. The Impact of COVID-19 on Higher Education: A Review of Emerging Evidence. Analytical Report. *European Commission*, 2021.
- [5] GitHub Classroom. Disponible en <https://classroom.github.com>. Último acceso en febrero, 2022.
- [6] Richard Glassey. Adopting Git/GitHub within teaching: A survey of tool support. En *Proceedings of the ACM Conference on Global Computing Education, CompEd '19*, pp. 143–149, Chengdu, China, mayo 2019.
- [7] Daniel Gonzalez-Peña, Miguel Reboiro-Jato, y Francisco J Ribadas-Pena. Entorno de integración continua para la docencia práctica de Java EE. En *Actas de las XXII Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, Jenui 2016*, pp. 27–34, Almería, julio 2016.
- [8] Jónathan Heras. Proyectos de aprendizaje profundo usando datos regionales. En *Actas de las XXVII Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, Jenui 2021*, volumen 6, pp. 227–234, Valencia, julio 2021.
- [9] Courtney Hsing y Vanessa Gennarelli. Using GitHub in the classroom predicts student learning outcomes and classroom experiences: Findings from a survey of students and teachers. En *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, SIGCSE '19*, pp. 672–678, Minneapolis, Estados Unidos, marzo 2019.
- [10] Andrea E Johnson. To GitHub or Not to GitHub? En *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education SIGCSE '21*, pp. 1331–1331, Virtual, marzo 2021.
- [11] Masanori Kuroki. Using Python and Google Colab to teach undergraduate microeconomic theory. *International Review of Economics Education*, 38:100225, 2021.
- [12] Simon Larsén y Richard Glassey. Repobe: Developing tool support for courses using Git/GitHub. En *Proceedings of the 2019 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE '19*, pp. 534–540, Aberdeen, Reino Unido, julio 2019.
- [13] Francisco J López-Pellicer, Rubén Béjar, Miguel A Latre, Javier Nogueras-Iso, y Francisco Javier Zarazaga-Soria. GitHub como herramienta docente. En *Actas de las XXI Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, Jenui 2015*, pp. 66–73, Andorra La Vella, julio 2015.
- [14] Mark J. Nelson y Amy K. Hoover. Notes on using Google Colaboratory in AI Education. En *Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, pp. 533–534, 2020.
- [15] Mark J Nelson y Amy K Hoover. Notes on using Google Colaboratory in AI education. En *Proceedings of the 2020 ACM conference on innovation and Technology in Computer Science Education*, pp. 533–534, 2020.
- [16] Beatriz Pérez. Enhancing the Learning of Database Access Programming using Continuous Integration and Aspect Oriented Programming. En *Proceedings of the 43rd IEEE/ACM International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training Track, ICSE (SEET)*, pp. 221–230, Madrid, Spain, mayo 2021. IEEE.
- [17] Carlos-José Villagrà-Arnedo, Francisco J Gallego-Durán, Gabriel J Garcia, José M Iñesta, Faraón Llorens Largo, Miguel Angel Lozano, Rafael Molina-Carmona, Francisco José Mora Lizán, Pedro José Ponce de León Amador, y Mireia Luisa Sempere Tortosa. *Uso de la*

herramienta GitHub en la gestión y monitorización de proyectos ABP en cuarto curso del Grado en Ingeniería Multimedia, pp. 402–411. Universidad de Alicante. Instituto de Ciencias de la Educación, 2017.

[18] Alexey Zagalsky, Joseph Feliciano, Margaret-

Anne Storey, Yiyun Zhao, y Weiliang Wang. The emergence of GitHub as a collaborative platform for education. En *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing, CSCW '15*, pp. 1906–1917, Vancouver, Canada, marzo 2015.