

EMCI 2021

XXII Encuentro Nacional
XIV Encuentro Internacional

Educación Matemática en Carreras de Ingeniería

19, 20 y 21 de mayo de 2021
Montevideo, Uruguay

LIBRO DE ACTAS

Versión actualizada, diciembre 2021

COMPILADORES

José Job Flores Godoy
María Magdalena Pagano Nachtweyh


Educación Matemática en
Carreras de Ingeniería



UCU

Universidad
Católica del
Uruguay



Recursos de Reproducibilidad aplicados a la creación de materiales de enseñanza.

Irma Noemí No, Julián Eloy Tornillo, Guadalupe Pascal

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Ruta 4 (ex camino de cintura) Km 2, Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina.
ino@ingenieria.unlz.edu.ar, jtornillo@ingenieria.unlz.edu.ar, gpascal@ingenieria.unlz.edu.ar

Resumen. La actualización de los objetos de aprendizaje tecnológicos requiere de un importante esfuerzo de reelaboración para impedir su obsolescencia. El objetivo de evitar la caducidad de estos recursos radica en *posibilitar la reproducibilidad de los significados asociados a los recorridos didácticos propuestos*, asegurando la *vigencia contextual de la formación por competencias en carreras de Ingeniería*. La reformulación y adecuación de los materiales de enseñanza del área matemática se facilita en gran medida mediante el uso de lenguajes de edición como “*Markdown*”. En particular, el entorno de desarrollo “*RStudio*” y su recurso “*Rmarkdown*” posibilitan la generación de materiales educativos reproducibles basados en documentos integrados “*texto – código – resultados*”, con control de cambios, salidas en diferentes formatos y publicación en diversos soportes de manera ágil y gratuita. El proceso de creación, publicación y reproducción de estos documentos integrados para la enseñanza de la matemática se sintetiza en este escrito.

Palabras Clave: Reproducibilidad, RStudio, STEM, publicación, trazabilidad.

1 Introducción

La currícula expresada en los planes de estudio de las carreras de ingeniería posee una marcada orientación a la formación por competencias, respaldando de esta manera los numerosos requisitos de ingreso al sistema del mercado laboral profesional. Para validar las competencias desarrolladas y fortalecidas durante la formación universitaria se deben incorporar estrategias de enseñanza dinámicas que acompañen los perfiles laborales solicitados y los posibles campos de desarrollo del profesional a futuro. La noción de una formación académica sostenible en el tiempo no alude a un corpus de contenidos y prácticas de enseñanza estático, sino a un conjunto de materiales educativos editables y reproducibles a través del buen uso de plataformas, lenguajes informáticos y documentación de respaldo.

La noción de reproducibilidad es parte de la definición de método científico que la propia academia aplica y divulga: “...Las principales características de un método científico válido son la falsabilidad, la reproducibilidad y la repetibilidad de los resultados, corroborada por revisión por pares...” [1]. La noción de reproducibilidad en este contexto alude a la posibilidad de obtener idénticos resultados a los divulgados por el investigador utilizando los recursos, las indicaciones y la documentación por él informados. La bibliografía sobre replicabilidad científica contiene los propios conceptos que impulsa, es decir, se basa en material replicable y disponible en formato abierto, tanto para el uso, como para la reformulación y avance de sus contenidos ([2] - pág. 91).

Específicamente la reproducibilidad en los contextos de enseñanza de la matemática se sitúa en el campo teórico de la didáctica, bajo líneas de estudio sobre temáticas de transposición y obsolescencia de las situaciones de enseñanza-aprendizaje. La mayoría de los autores coinciden en atribuir a Brousseau el planteo de interrogantes ligados al problema de reproducibilidad sosteniendo que “Saber lo que se reproduce en una situación de enseñanza es justamente el objetivo de la didáctica” [3], y muchos de ellos consideraron dos subsistemas interrelacionados (el del docente y el del alumno) para analizar las características de la reproducibilidad en situaciones didácticas. De esta manera, autores

como Artigue [4], Arsac [5] y Lezama [6] investigan la noción de reproducibilidad en el campo didáctico (mediante el planteo de problemas abiertos, cambios de escenarios y en la propia formación docente) encontrándose un hilo histórico, común y conducente sobre el docente y su manejo del “envejecimiento” de sus materiales y propuestas de enseñanza.

Desde una mirada global es muy difícil poder asegurar la perfecta replicabilidad educativa por existir numerosas variables intervinientes (“externas” (ligadas a la estructura/ingeniería didáctica de la propuesta) e “internas”(ligadas a la significación de los aprendizajes para cada grupo de estudiantes) [6], [7]), todas ellas inmersas además en un contexto de formación por competencias en constante evolución. Esta variabilidad aporta a la veloz obsolescencia de los instrumentos didácticos, haciéndose necesario el conocimiento de diferentes recursos tecnológicos que sirvan de soporte a la tarea docente en su labor contra el “envejecimiento” de sus materiales educativos.

El objetivo de los puntos que siguen es acercarse al conocimiento de algunas herramientas de código abierto y gratuitas disponibles para la elaboración, publicación y mantenimiento de materiales de enseñanza en el área STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática), dentro del contexto tecnológico actual.

2 Soportes para materiales de enseñanza reproducibles

Los docentes de ciencias básicas (y en especial los docentes del área matemática), siempre han tenido que vencer obstáculos comunicacionales relacionados a la elaboración de sus materiales didácticos. Crear un apunte de cátedra en el campo STEM, involucra (por lo menos) el uso de procesador de textos, un editor de ecuaciones y la incorporación de visualizaciones gráficas realizadas en algún utilitario o lenguaje informático (Excel, Graphmatica, Maple, Mathematica, Matlab, GeoGebra, R, Minitab, SPSS, Python, etc.). Posteriormente a su creación, la publicación de este material puede realizarse en diversos soportes (digitales o físicos).

Numerosos instrumentos tecnológicos, informáticos y de comunicación han sido incorporados para enriquecer la ingeniería didáctica que subyace a la elaboración de materiales educativos en el área matemática. Las plataformas multimediales (YouTube, Vimeo, y Twitch, entre otras) se han esforzado por incorporar herramientas de interactividad entre sus recursos, mejorando notablemente las experiencias de aprendizaje asociadas a estos sitios gratuitos. Los applets y widgets creados por docentes en diferentes programas y embebidos en sitios abiertos [8] [9] [10], facilitan el aprendizaje y aumentan la motivación de los estudiantes, la interacción del alumno con el objeto de aprendizaje se basa en acciones de reproducción (“run”) bajo la elección de un conjunto de parámetros de ejecución. Las metodologías de enseñanza que incorporan estrategias de “Storytelling” visual y Gamificación contienen un componente adicional de emoción y han sido recientemente incorporadas a los objetos de aprendizaje con soporte tecnológico [11][12].

Las actividades de aprendizaje interactivo generalmente utilizan cinco tipos básicos de operatividad, concretamente: diálogo, control, manipulación, búsqueda y navegación; estas competencias tecnológicas fortalecidas mediante el uso mencionado de los recursos precedentes podrían ampliarse si se centran en la reproducibilidad del material mediante al agregado de la visibilidad del código que interviene en el objeto de aprendizaje [13].

En general, la actualización de los materiales y los objetos de aprendizaje tecnológicos requieren de un importante esfuerzo de reelaboración y republicación para evitar su envejecimiento y posibilitar la reproducibilidad de los significados asociados a los recorridos didácticos propuestos, asegurando una dinámica vigente para la formación por competencias.

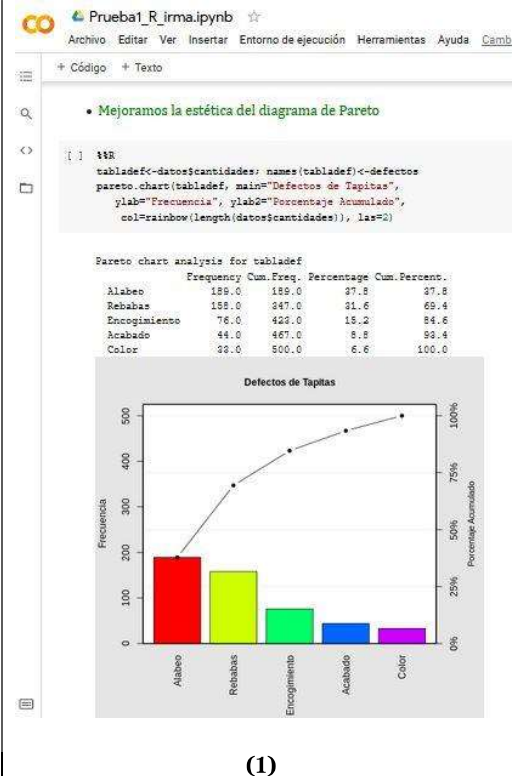
La reformulación y adecuación de los materiales se facilita en gran medida mediante el uso de lenguajes de edición como “Markdown” [14]. La sintaxis Markdown se encuentra disponible online en plataformas abiertas y gratuitas del tipo “Google Colaboratory” [15] y “Jupyter Notebooks” [16] (Ver Tabla1), y también forma parte de entornos de desarrollo integrados (IDEs) de descarga y uso gratuitos, instalables en el computador (como “RStudio” [17] y “JupyterLab” [16], entre otros) que posibilitan la creación de documentos integrados “*texto – código – resultados (tablas y gráficos)*” altamente reproducibles por alumnos y pares.

Los documentos creados en los entornos mencionados posibilitan incorporar celdas de texto, imágenes, links, tablas, expresiones LaTeX, y también código de programación (en lenguaje R o Python)


que al ejecutarse incrusta en el propio documento la salida correspondiente (diferentes gráficas, soluciones de problemas, mapas, listas, elementos interactivos, etc.). El documento producido por lo tanto posee la ventaja de ser un “todo en uno”, y al necesitar el docente renovarlo para incorporar un ajuste a nuevos contextos, puede lograrlo tan sólo cambiando alguna sentencia de programa.

Los documentos además pueden ser compartidos en línea (en versión .html) por lo cual los cambios que se produzcan tendrán efecto inmediato a la vista de los usuarios (alumnos, pares docentes y lectores en general).

Tabla 1. Documentos reproducibles realizados en las plataformas Google Colaboratory (1) y Jupyter Notebook (2).



(1)



(2)

3 Creación de Documentos reproducibles con RMarkdown en RStudio

Uno de los entornos de desarrollo integrado (IDE) más difundido y utilizado para el lenguaje de código abierto “R” es *RStudio* [17]. El IDE RStudio puede descargarse de forma gratuita y ser utilizado en cualquier sistema operativo (Windows, Linux o Mac). La nueva versión de RStudio (1.4) incorpora características de “visualización” otorgando vistas previas del resultado final del documento y posee opciones de edición disponibles en un menú superior (emulando los íconos de Word: elección de fuentes, alineación, inserción, citas, etc.).

Para crear un archivo reproducible en RStudio se debe elegir la opción R Markdown; se desplegará entonces un menú de opciones de diferentes formatos: Documento, Presentación, Shiny y Plantilla (Ver Figura 1), cada uno de ellos con diferentes alcances y finalidades, el menú también ofrece la posibilidad de elegir entre diferentes extensiones de salida (Html, Pdf, Word). En la sección “Cheatsheets” del “Help” existe una guía rápida de uso.

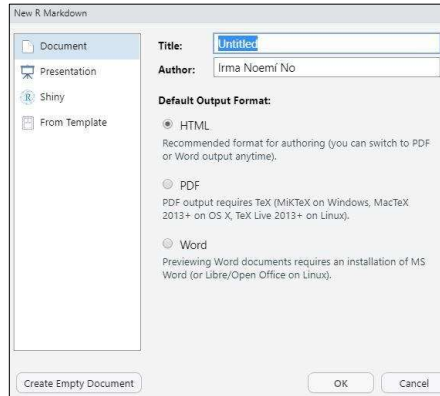


Fig. 1. – Creación de Documentos reproducibles en RStudio

Muy sintéticamente, explicaremos los diferentes tipos de documentos RMarkdown para uso del docente.

Los documentos *Shiny* crean objetos de aprendizaje interactivos que pueden ejecutarse en línea (requieren RStudio en el servidor alojamiento) o bien pueden correrse localmente (en computadores que posean RStudio instalado). Un ejemplo de aplicación Shiny elaborada para un ejercicio de test de hipótesis sobre la durabilidad de lámparas (que se encuentra alojado en el servidor oficial de RStudio y en un servidor privado propio) puede verse en la Figura 2.

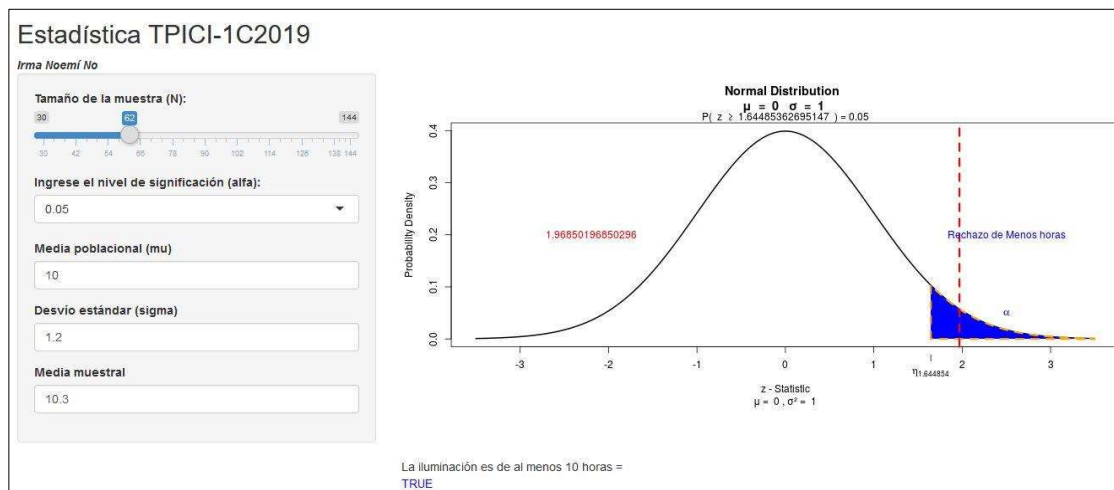


Fig. 1 – Aplicación Shiny como objeto de aprendizaje interactivo (Elaboración propia [18])

Los archivos Rmarkdown de tipo *Presentación* tienen por objetivo generar Slides (filmillas) codificadas. Al correr estos archivos se generan automáticamente presentaciones con salidas de código embebidas (soluciones, tablas, gráficos, etc.), visualizables en la propia presentación (Ejemplos: [19] y Figura 3 izq.). De esta manera RStudio ofrece un soporte gratuito y mejorado para la creación de presentaciones de elevada funcionalidad (y con diversos formatos de salida logrados mediante la sentencia “Knit” (Fig. 3 der.)), que son de gran utilidad en las diferentes áreas de la matemática y sus aplicaciones. Es interesante observar que también se puede generar una salida de tipo PowerPoint, para docentes que prefieran difundir materiales en soporte tradicional.

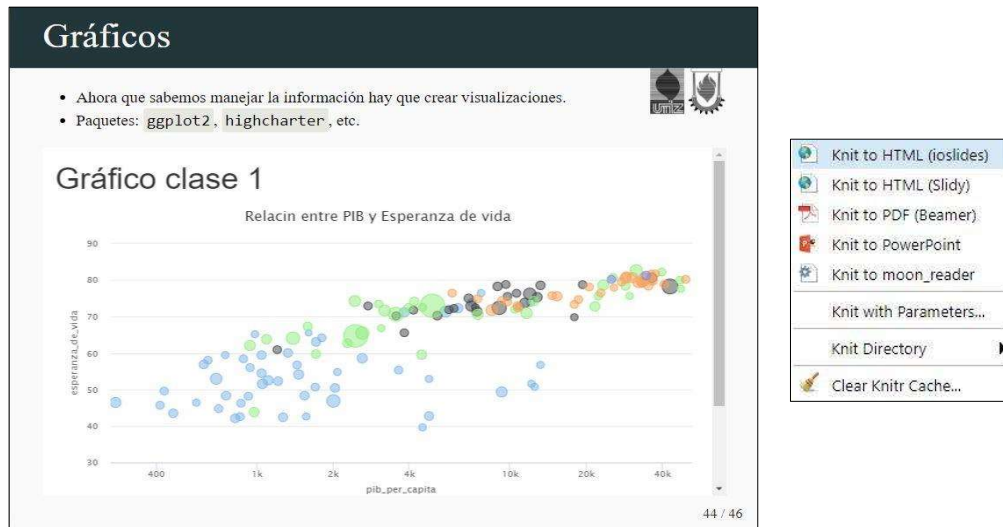


Fig. 2 – Slide de Presentación con gráfico interactivo embebido (izq) (Elaboración propia), Opciones de salida (der.)

La creación de archivos Rmarkdown a través de la opción *Template*, se basa en formatos preestablecidos que se hallan disponibles para descargar en paquetes/librerías instalables dentro de RStudio. Algunos de los Template más utilizados a la fecha, (entre muchos otros) son:

- “FlexDashboard” que posee la capacidad de crear desde widgets y aplicaciones Shiny hasta páginas web completas.
- “Learnr” Es una plantilla para la creación de tutoriales interactivos con celdas de código editable y ejecutable, con posibilidad de incorporar ayudas (hint) y salidas evaluables por el propio documento. El formato de salida html, posibilita su publicación online (ver ejemplo en Figura 4).
- “Prettydoc” y “Xaringan” otorgan presentaciones de base estética con funcionalidades extendidas y mejoradas.
- “Rticles” son plantillas correspondientes a los formatos de presentación de artículos en importantes congresos y revistas científicas.

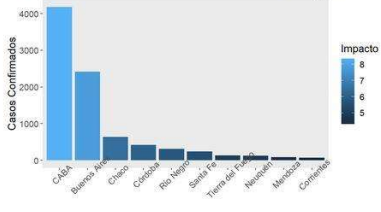
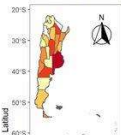
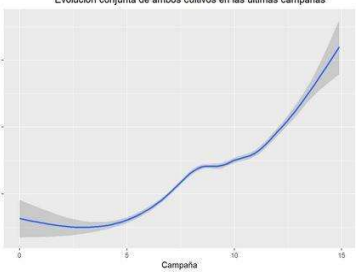
The screenshot shows a web interface for an interactive R coding exercise. The title is 'Tarea Clase 1 con R Irma No - v.1'. There are two tabs: 'Primera Parte' (selected) and 'Segunda Parte'. Below the tabs is a 'Start Over' button. The main content area is titled 'Primera Parte' and 'Ejercicio 1'. It contains three bullet points: 'Escriba en el chunk siguiendo las sentencias para lograr: la carga del dataset "iris", y el cálculo de su número filas + 3', 'Determine qué tipos de datos contienen las dos últimas columnas de "iris"', and 'Determine las medidas básicas estadísticas de iris\$Petal.Width'. Below the text is a code editor with a 'Run Code' button. The code editor shows three lines of code. Below the code editor is 'Ejercicio 2' with a bullet point: 'Crear un vector "V" de 5 elementos, y un data frame "D1" que lo tenga como primer columna, asignar nombre a las columnas de "D1"'. The interface also features the logos of UJM and UJZ.

Fig. 3 – Ejercitación interactiva de codificación en R publicada en web (Elaboración propia [20])

Por último, si se desea crear un simple *Documento* Rmarkdown (ver Figura 1) estableciendo un tipo de salida desde el menú inicial, estos parámetros se podrán cambiar y reconfigurar a posteriori. Para ello se puede editar el encabezado (Yaml) del documento creado y/o seleccionar entre diferentes opciones de salida en la ejecución del comando “Knit” (salida Word, etc.). En la Tabla 2 se muestran trozos de

documentos simples creados a través de Rmarkdown en los cuales se ha optado por una salida HTML, y que han sido finalmente publicados en web [21].

Tabla 2 – Vistas de Documentos HTML creados con Rmarkdown

Informe de Coronavirus en Argentina - Mayo/2020	Estudio para la Geolocalización de una planta de bioetanol
<p>Provincias con mayor cantidad de casos confirmados de Covid-19</p> <p>10 Provincias con más casos de COVID en Argentina</p>  <p>Datos del Ministerio de Salud de la Nación - 19/05/20, Autora: Irma No</p> <p>Imagen de casos confirmados por rangos</p> <p>COVID19 - 19/05/20 - Autora:Irma No</p> 	<p>Un análisis geoproductivo de Maíz y Sorgo en Argentina</p> <p>Irma Noemí No 27/4/2020</p> <p><small>En este documento se exponen algunas visualizaciones y datos que han surgido a través de un primer acercamiento al estudio de la factibilidad geográfica productiva para la ubicación de una planta productora de bioetanol a partir de registros disponibles del cultivo del sorgo y el maíz en Argentina. Se han utilizado los datasets disponibles en las páginas oficiales correspondientes a las 49 campañas agropecuarias censadas a diciembre de 2019.</small></p> <p>Evolución del cultivo del Maíz y Sorgo en Argentina</p> <p>Evolución conjunta de ambos cultivos en las últimas campañas</p> 

Al comenzar la creación de un material educativo en RStudio siempre es conveniente generar una carpeta específica en la cual se guardarán de forma ordenada los datos, archivos, imágenes y otros elementos que formarán parte del documento final Rmarkdown. Como se muestra en la Figura 5 se podrán crear *proyectos* asociados a cada carpeta contenedora de un material de enseñanza u objeto de aprendizaje específico. También a futuro se podrán “controlar” diferentes versiones del material creado (generando una trazabilidad en los cambios).

Se mencionan a continuación dos paquetes/librerías de gran utilidad en la producción de materiales educativos, estos paquetes se hacen visibles en el menú de creación de proyectos de RStudio (Ver Figura 5):

- “Bookdown” [22] es una librería que permite crear libros fácilmente. Al crear un proyecto del tipo “Book Project using Bookdown” se visualiza una plantilla completa (de capítulos, figuras, estilos, etc.) lista para ser editada por el autor y redactar su material sobre el esquema precargado.
- “Blogdown” [23] es un paquete de soporte para la creación de páginas web, como alternativa a los tradicionales blogs estáticos.

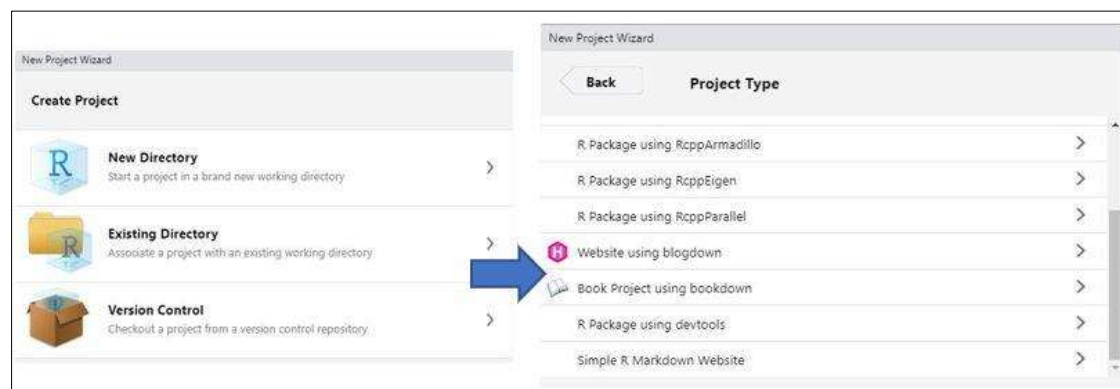


Fig. 4 – Proyectos de RStudio para la generación de materiales educativos

Una vez creado el material de enseñanza mediante los recursos de RStudio y Rmarkdown anteriormente mencionados, es necesario seleccionar la metodología de publicación y divulgación para compartirlo con los diferentes grupos de estudiantes y con la comunidad de pares docentes.

4 Publicar y compartir el material de enseñanza creado con RStudio

Para publicar y compartir los documentos producidos con Rmarkdown existen varias opciones, se mencionarán algunas de ellas a continuación.

4.1 Sitio “RPubs”

RPubs (Figura 6) es un sitio web abierto al registro gratuito de cualquier persona, mantenido por RStudio.com. El sitio contiene una galería de documentos desarrollados en el IDE “RStudio”; los documentos publicados han sido creados y compartidos por diferentes usuarios registrados. Este sitio es de gran utilidad para la comunidad de usuarios del lenguaje R actuando como repositorio para la consulta de diferentes casos de uso.

Los documentos cargados en RPubs son alojados en una dirección específica (link) comunicada al autor. De esta manera, los docentes que utilicen esta herramienta como alojamiento de sus materiales de enseñanza pueden compartir el link con sus alumnos y pares, sin costo alguno y a largo plazo.

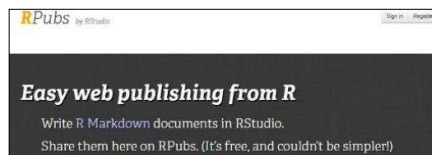


Fig. 5 – Sitio RPubs para compartir materiales de enseñanza creados en lenguaje R - <https://rpubs.com/>

4.2 Sitio “Shinyapp”

Los archivos interactivos creados bajo el formato Shiny de Rmarkdown podrán cargarse en el sitio Shinyapp.io (Figura 7) mantenido por RStudio.com. Tanto el registro como el uso de esta nube son gratuitos, y de manera similar a lo mencionado en el punto anterior, el material cargado correrá en una dirección específica, cuyo link podrá ser compartido por el autor con terceros (alumnos y pares) para su visualización y uso.

Para los docentes resultará muy enriquecedor visitar el sitio “Galería de aplicativos Shiny” (<https://shiny.rstudio.com/gallery/>) en el cual se pueden hallar numerosos ejemplos disponibles en forma abierta, gratuita y con código descargable.

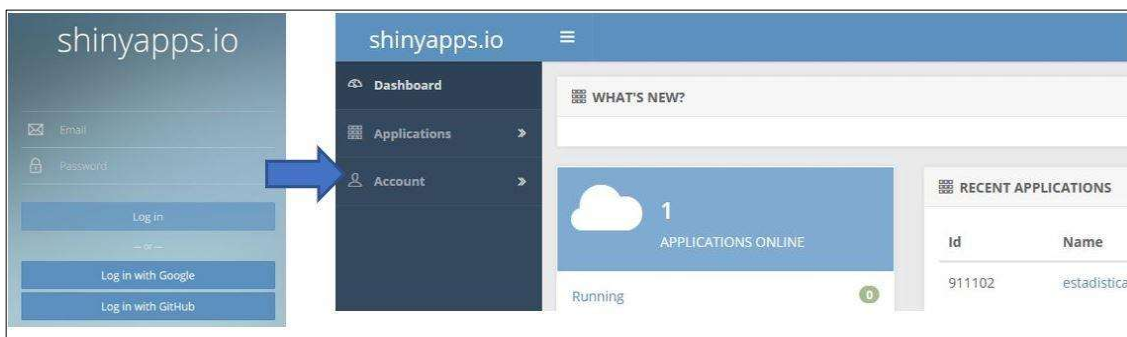


Fig. 6- Sitio gratuito para subir y compartir documentos interactivos tipo Shiny - <https://www.shinyapps.io/>

4.3 Sitio “RStudio Cloud”

El sitio RStudio Cloud (Figura 8) es un sitio gratuito mantenido por RStudio.com. En él, cualquier persona puede registrarse y gozar del uso de este entorno de desarrollo para crear sus propios proyectos

y mantenerlos almacenados en la nube. Existe una restricción de cantidad de horas de uso al mes y una capacidad de hasta 15 proyectos.

Es una excelente herramienta para el dictado de talleres, pues se puede compartir el link del material de enseñanza creado y utilizarlo en tiempo real con el alumnado a través de esta plataforma. Cualquier usuario con el link, podrá guardar una copia del material, correrlo y editarlo en su propio entorno *RStudio Cloud*.

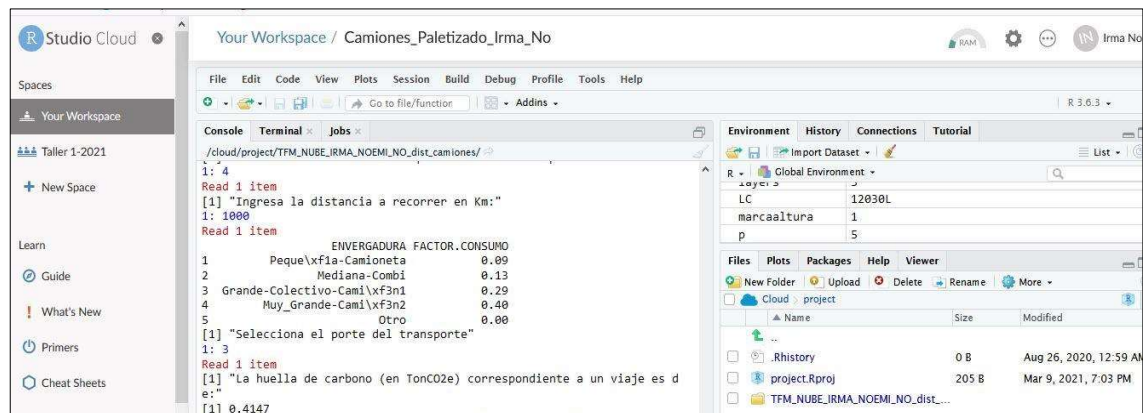


Fig. 7 – Sitio para compartir material disponible en tiempo real con alumnos RStudio Cloud - <https://rstudio.cloud/>

4.4 Repositorios abiertos

Trabajar confeccionando material educativo en el campo de la matemática y sus aplicaciones siempre ha requerido de un manejo de tecnologías informáticas que soporten los cálculos y las visualizaciones. En la actualidad este requerimiento se ha profundizado, y es imposible pensar en crear un material sin incorporar sentencias y código pertenecientes a algún lenguaje de programación.

Compartir un material de enseñanza que incluye código de programación impulsó a los docentes a hacer uso de plataformas que originariamente eran sólo utilizadas por programadores informáticos y profesionales de sistemas. Tal es el caso de sitios como “GitHub” (<https://github.com/>) entre otros. En GitHub cualquier persona puede registrarse de forma gratuita y crear repositorios (directorios) para almacenar sus trabajos. Para los materiales alojados se dispone de varios tipos de licencias, el autor elegirá cuál de ellas atribuir a su trabajo [24]; también puede resguardarse la autoría del material, utilizando plataformas de otorgamiento de DOI (identificador de objeto digital), como la muy popular “Zenodo” (<https://zenodo.org/>) que se halla interconectada con GitHub. Otro aliado de GitHub es la aplicación “Netlify” (<https://app.netlify.com/>) que permite construir/publicar sitios web a través de los recursos disponibles en los repositorios de GitHub.

Los materiales de enseñanza creados en RStudio pueden ser alojados, publicados y compartidos en repositorios de GitHub de manera muy eficiente, pues existe una fuerte interconexión entre RStudio (Figura 9) y las cuentas de usuario de GitHub [25].

En GitHub los repositorios dispondrán de un link único que el docente podrá brindar a sus alumnos y pares para que accedan al material posibilitando su lectura, descarga, clonación o bifurcación (en ese último caso: compartiendo el repositorio en un GitHub propio, pero resguardando el reconocimiento a la autoría externa). GitHub también permite la incorporación de colaboradores en los proyectos, es por ello que las características de reproducibilidad de los materiales compartidos constituyen un agregado de importancia para posibilitar el crecimiento global de los conocimientos y de los recursos educativos.

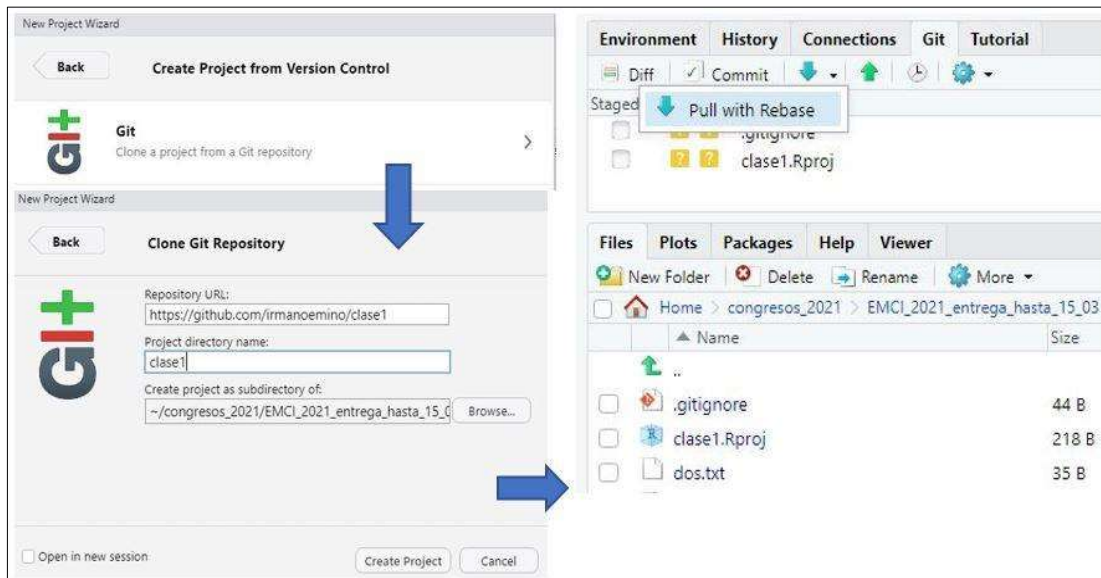


Fig. 8 – Interacción entre GitHub y RStudio para realizar un control de versiones y actualizar materiales compartidos

4.5 “Blogdown – Bookdown”

La comunidad de usuarios de R ha desarrollado maravillosos paquetes que empoderan a los autores de materiales educativos en el proceso de su publicación; ejemplos de ello son las librerías y recursos de Blogdown y Bookdown [26].

Los paquetes Blogdown y Bookdown se han mencionado en un párrafo del punto 3. Las herramientas de publicación que se han detallado hasta ahora sirven para los productos Rmarkdown en general, pero existen caminos más directos para las publicaciones de estos dos recursos en particular.

Los libros creados mediante plantillas Bookdown pueden publicarse automáticamente a través de RStudio (si se posee una cuenta “RS Connect”); también pueden publicarse gratuitamente mediante la creación de repositorios en GitHub, considerando algunas modificaciones en la plantilla bookdown original [27]. Por último, es posible publicarlos en cualquier sitio web al cual se tuviera acceso en carácter de “administrador de archivos”, para ello se debe crear una salida .HTML con la función Knit y subir el libro junto con todas sus dependencias (enlaces internos) de imágenes, archivos de datos, etc.

En el caso de Blogdown desde su creación han surgido variantes de código que generan cierta desestabilización según las versiones utilizadas para crear y publicar el material [28]. Básicamente la recomendación para salvar estas dificultades y lograr publicar un sitio web construido a través de esta herramienta, aportando nuevas entradas (post) y controlando versiones es: utilizar los recursos de GitHub (“repo”) y Netlify mencionados en el apartado anterior, manteniendo la estructura y estéticas provistas por el paquete Blogdown. (Figura 10).



Fig. 9 – Proceso para la creación y publicación de un sitio tipo “Blog” con RStudio (Elementos extraídos de [28])

4.6 Sitios de Pago

RStudio.com ofrece servidores para el uso online de los lenguajes lenguaje R / Python y para el alojamiento de materiales y documentos producidos en RStudio, a través de su producto “*RStudio Server*”. Existe una versión gratuita de *RStudio Server*, que limita la cantidad de usuarios a 100 (cien) y es instalable en el sistema operativo Linux. El mantenimiento y soporte de esta versión gratuita *no* queda a cargo de la empresa RStudio.com.

Otra solución de pago es el alquiler de un servidor privado (para instalar RStudio en el sistema operativo que corresponda al servidor) y realizar allí materiales, alojamientos y publicaciones. En este último caso el docente debe poseer algunos conocimientos sobre el manejo de sitios web (Figura 11).

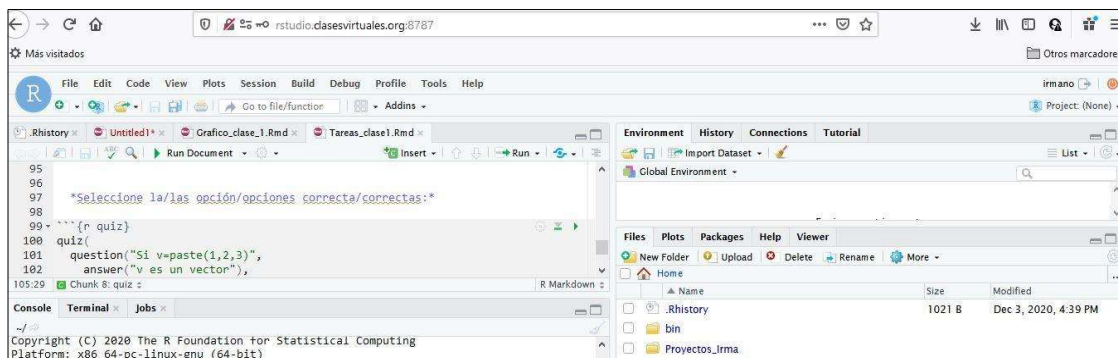


Fig. 10 – RStudio alojado en un servidor privado virtual (VPS) de pago.

5 Conclusiones

El recorrido desarrollado es una síntesis específica de los recursos gratuitos disponibles en RStudio y otras plataformas relacionadas para la elaboración de materiales educativos reproducibles de base tecnológica, que son además: funcionales, renovables y de elevada estética (Ejemplo [29]).

Las herramientas que nos ofrece el entorno de desarrollo RStudio para crear materiales reproducibles y gratuitos, con posibilidades de ser compartidos y publicados bajo diferentes licencias y resguardo de autoría, son de gran utilidad para los docentes del área STEM y muy especialmente para los educadores del área matemática. La gran versatilidad de RStudio para interactuar con diferentes bases de datos, lenguajes y programas lo señalan como un importante entorno para la enseñanza orientada a la formación de competencias profesionales abarcando posibles futuros desempeños del egresado en diferentes plataformas tecnológicas.

El ejercicio de la reproducibilidad, respaldado por control de versiones y las comunidades de práctica del lenguaje R, aseguran la posibilidad de mantener vigentes los formatos, modalidades y contenidos de

los materiales de enseñanza-aprendizaje basados en documentos RMarkdown y en proyectos de RStudio.

Los trabajos futuros se enfocan a la planificación y realización de talleres de capacitación en el uso de estas herramientas para la reproducibilidad de materiales educativos e informes de investigación, dirigida a docentes e investigadores de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Referencias

1. Ynoub, R. (2017) “El diseño de la investigación: entre la táctica y la estrategia” Cap. X en “Cuestión de método” Tomo II (inédito). Material UNLA – Maestría en Metodología de la Investigación Científica.
2. Rodríguez-Sánchez, F., Pérez-Luque, A. J., Bartomeus, I., & Varela, S. (2016). Ciencia reproducible: qué, por qué, cómo. *Revista Ecosistemas*, 25(2), 83-92. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/145975/1/1178-4265-1-PB.pdf>
3. Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 7(2), 33-112.
4. Artigue, M. (1995). Ingeniería didáctica. En P. Gómez (Eds.), *Ingeniería didáctica en educación matemática. Un esquema para la investigación la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas* (pp. 33-59). México, Grupo Editorial Iberoamérica.
5. Arzac G., Balachef N., Mante M. (1992) Teacher’s Role and reproducibility of didactical situations. *Educational Studies in Mathematics*, 23 (1), 5-29.
6. Lezama J. (2005). Una mirada socioepistemológica al fenómeno de reproducibilidad, *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 8, 339-362.
7. Montoya, María Soledad, & Lezama, Francisco. (2016). La reproducibilidad de situaciones de aprendizaje en un taller de reflexión docente. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 7(1), 41-54. Recuperado 03/03/21 de http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93042016000100004&lng=es&tlng=es.
8. <https://www.geogebra.org/materials>
9. <https://www.wolframalpha.com/>
10. <https://shiny.rstudio.com/gallery/>. <https://www.shinyapps.io/>
11. ProActive. (2018). *Fomentando la creatividad: creación de escenarios de aprendizaje basados en juegos. Una guía para profesores*. http://www.ub.edu/euelearning/proactive/documents/handbook_creative_gbl_es.pdf
12. Tse, J. K. Y., Chan, S. W. Y., & Chu, S. K. W. (2021). Quality Assessment for Digital Stories by Young Authors, *Data and Information Management*, 5(1), 174-183. doi: <https://doi.org/10.2478/dim-2020-0039>
13. <https://mosaic.uoc.edu/2013/11/11/recursos-multimedia-para-aprendizaje-on-line/#related-articles>
14. <https://markdown.es/>
15. <https://colab.research.google.com/>
16. <https://jupyter.org/>
17. <https://rstudio.com/>
18. No, I. N. (2019) Shiny app ejemplo. Disponible en: https://irmanoemino.shinyapps.io/estadistica_tpici_1c2019_irma_no/ y en <http://rstudio.clasesvirtuales.org:3838/sample-apps/shinyestadistical/>
19. Corcoran Barrios D. (2020). *Modelos matriciales e interacción entre poblaciones*. Presentación en línea, disponible en: RPubs - Presentación modelos matriciales
20. No, I. N. (2020). Tarea Interactiva – Clase 1. Curso de Introducción a Ciencia de Datos (en elaboración), ensayos y preprints Disponible en: http://rstudio.clasesvirtuales.org:3838/sample-apps/Tareas_interact_clase1/#section-primera-parte
21. No, I. N. (2020). *Informes de investigación 2020*. Disponibles en: <http://www.clasesvirtuales.org/investigaciones.html>
22. <https://bookdown.org/>
23. Yihui Xie, Amber T., Presmanes Hill, A. (2020). Blogdown: Creating Websites with R Markdown. Disponible en: <https://bookdown.org/yihui/blogdown/>
24. GitHub Docs. “Generar licencia para un repositorio”. Disponible en: <https://docs.github.com/es/github/creating-cloning-and-archiving-repositories/licensing-a-repository>
25. Bryan, J., *The STAT 545 TAs*, Hester J. (2020) “Happy Git and GitHub for the user”. Disponible en: <https://happygitwithr.com/>
26. Hill, A.; De León, D. *Sharing on Short Notice*. (2020). *How to get your teaching materials online with R Markdown*. Conferencias RStudio.com. Disponible en: [Sharing on Short Notice \(rstudio-education.github.io\)](https://github.com/rstudio-education/sharing-on-short-notice)
27. Fernández Casal, R.; Cotos Yañez, T.R. (2018). “Escritura de libros con bookdown” Capítulo 4 “Publicación”. Disponible en: https://rubenfcasal.github.io/bookdown_intro/

28. Hill, A. *Up & running with blogdown in 2021*. (2021) Disponible en: <https://alison.rbind.io/post/new-year-new-blogdown/>
29. Hill, A.; De León, D. (2020) *Teacups, Giraffes, & Statistics*. Disponible en: [Index \(tinystats.github.io\)](https://tinystats.github.io)