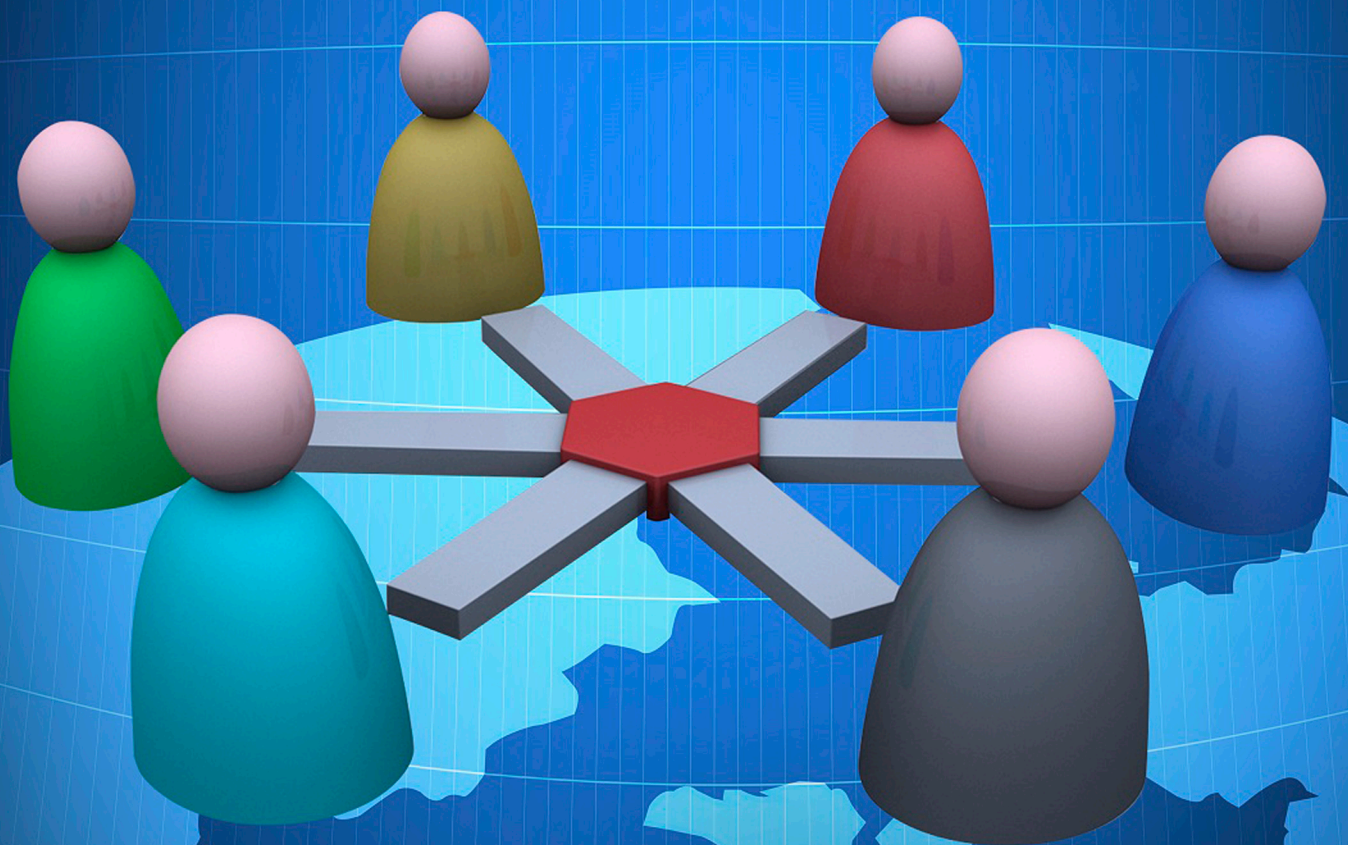




Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

XIV JORNADES DE XARXES D'INVESTIGACIÓ EN DOCÈNCIA UNIVERSITÀRIA

Investigació, innovació i ensenyament universitari:
enfocaments pluridisciplinars



JORNADAS
DE REDES DE INVESTIGACIÓN
EN DOCENCIA UNIVERSITARIA

XIV

Investigación, innovación y enseñanza universitaria:
enfoques pluridisciplinarios

Coordinadores i coordinadors / *Coordinadoras y coordinadores:*

María Teresa Tortosa Ybáñez

Salvador Grau Company

José Daniel Álvarez Teruel

© Del text / *Del texto:*

Les autores i autors / *Las autoras y autores*

© D'aquesta edició / *De esta edición:*

Universitat d'Alacant / *Universidad de Alicante*

Vicerektorat de Qualitat i Innovació Educativa / *Vicerrectorado de Calidad e Innovación Educativa*

Institut de Ciències de l'Educació (ICE) / *Instituto de Ciencias de la Educación (ICE)*

ISBN: 978-84-608-7976-3

Revisión y maquetación: Verónica Francés Tortosa

Publicación: Julio 2016

Aplicaciones diseñadas con Shiny: un recurso docente para la enseñanza de la estadística

D.S. Gómez; M.D. Molina; J. Mulero; M.J. Nueda; A. Pascual

Departamento de Matemáticas

Universidad de Alicante

RESUMEN (ABSTRACT)

El departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Alicante imparte las asignaturas de Estadística en los grados de Criminología, Relaciones Laborales y Recursos Humanos y Gestión y Administración Pública, todos ellos adscritos a la Facultad de Derecho, y es consciente de la dificultad que presenta su aprendizaje para los estudiantes de estas titulaciones no técnicas, aún siendo un área de gran importancia en el estudio de las Ciencias Sociales. Estas dificultades pueden ser subsanadas, en parte, proporcionando materiales bien organizados. Sin embargo, en muchas ocasiones, dichos materiales resultan insuficientes ante la necesidad de una mayor cantidad de ejercicios de naturaleza metodológica que permitan a los estudiantes un mayor entrenamiento. Recientemente, el software estadístico R ha incluido en su repositorio un paquete de instrucciones llamado Shiny que permite la creación de aplicaciones web interactivas. En este trabajo, presentamos unos recursos docentes diseñados con Shiny que ponen al alcance de los alumnos tantos ejercicios como deseen, permitiéndoles entrenar sus capacidades matemáticas y estadísticas de manera individual desde su propia casa.

Palabras clave: Estadística, ciencias sociales, Shiny, recurso docente, web interactiva.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema/cuestión

La Estadística constituye una poderosa herramienta para generar conocimiento en numerosos ámbitos y ha experimentado un vigoroso desarrollo desde sus orígenes hasta nuestros días. Por este motivo, la Estadística está presente en los planes de estudio de los grados actuales de la mayoría de las titulaciones técnicas o no técnicas. En concreto, el departamento de Matemáticas de la Universidad de Alicante imparte las asignaturas de Estadística en los grados de Criminología, Relaciones Laborales y Recursos Humanos y Gestión y Administración Pública, todos ellos adscritos a la Facultad de Derecho.

Con la implantación de los nuevos grados los profesores involucrados en estos grados aunamos nuestros esfuerzos con el objetivo de incentivar a los alumnos al estudio de la Estadística, tal y como se detalla en el siguiente apartado. A pesar de haber obtenido bastantes mejoras con las tareas realizadas, somos conscientes de que no todos los alumnos tienen el mismo ritmo de aprendizaje. Hay alumnos que con los problemas realizados en clase y los que se proponen en nuestros materiales tienen suficiente para superar con éxito la asignatura, pero hay otro tipo de alumnos que necesita más trabajo. Por otro lado, somos conscientes del atractivo que suponen las nuevas tecnologías para las nuevas generaciones. Por todo esto hemos desarrollado una serie de herramientas gráficas que el alumno podrá utilizar de forma interactiva desde su ordenador, tablet o incluso desde su teléfono móvil.

1.2 Revisión de la literatura

En general, el aprendizaje de la Estadística para el perfil de estos alumnos presenta grandes dificultades. Por este motivo, desde la implantación de los nuevos grados los profesores involucrados hemos ido estudiando e incorporando en nuestras clases innovaciones tecnológico-educativas con el objetivo de mejorar los resultados. A lo largo de estos años hemos ido considerando diferentes tipos de evaluación y diferentes maneras de incentivar al alumno al estudio para conseguir el método que mejor se adapta a nuestras necesidades.

Inicialmente comenzamos apostando por dar importancia al trabajo en grupo y a la participación en clase como parte de la evaluación continua (Molina et al. 2011a). Para ello, llevamos a cabo tareas para incentivar la participación como se describe en (Gómez et al. 2012a). En particular, proponíamos noticias y artículos para leer y comentar, debates, ejercicios, vídeos, etc. También incentivamos el uso de hojas de cálculo para resolución de

problemas para lo cual, no sólo se mostraba en clase su funcionamiento, sino que también elaboramos videos de autoaprendizaje (Gómez et al. 2012b). Sin embargo, el paso de los años y el elevado número de alumnos hizo que reconsideráramos este sistema de evaluación por los motivos detallados en (Gómez et al. 2013a). Esto nos llevó a darle un mayor peso a los exámenes parciales para lo cual, diseñamos un procedimiento de creación de ejercicios aleatorios que hiciera el proceso más justo y eficaz (Gómez et al. 2013b). También hemos unificado y organizado los materiales de todas las asignaturas involucradas utilizando nuevas tecnologías de la información en nuestro grupo (Molina et al. 2011b), que ha dado lugar a la publicación de nuestros materiales tanto en castellano (Molina et al. 2013) como en valenciano (Molina et al. 2015). Los materiales incluyen toda la teoría, numerosos ejemplos, problemas resueltos y problemas propuestos con soluciones que ayudan al alumno a seguir la asignatura en clase e incluso de forma autónoma.

Todo este proceso ha dado resultados positivos en nuestras asignaturas que, con la implantación de nuevas ideas, deseamos que siga en una continua mejora. En este sentido, consideramos que el desarrollo de aplicaciones web interactivas como la que proponemos puede lograr nuestros propósitos.

1.3 Propósito

A pesar de tener a disposición de nuestros alumnos materiales y problemas resueltos que facilitan el autoaprendizaje de la asignatura, hemos optado por la creación de una aplicación web que genera problemas de forma aleatoria e ilimitada. La aplicación es interactiva y proporciona las soluciones al alumno para que éste compruebe sus resultados, lo que hace del estudio de la estadística casi un juego. Las aplicaciones web suponen un atractivo para el tipo de alumno al que nos enfrentamos hoy en día, ya que la podrán usar desde su ordenador, tablet o incluso desde su teléfono móvil.

La aplicación ha sido desarrollada con el paquete shiny del software R y se denomina ShinyEST. Respecto a esta herramienta solo existen dos referencias en la literatura publicadas por la editorial Packt Publishing. Beeley [1] es la primera monografía en la que se presentaban los primeros desarrollos de Shiny, mientras que Resnizky [11] presenta las últimas implementaciones y mejoras. Por último, el manual oficial de este paquete puede ser consultado en:

<https://cran.r-project.org/web/packages/shiny/shiny.pdf>

2. DESARROLLO DE LA CUESTIÓN PLANTEADA

2.1 Objetivos

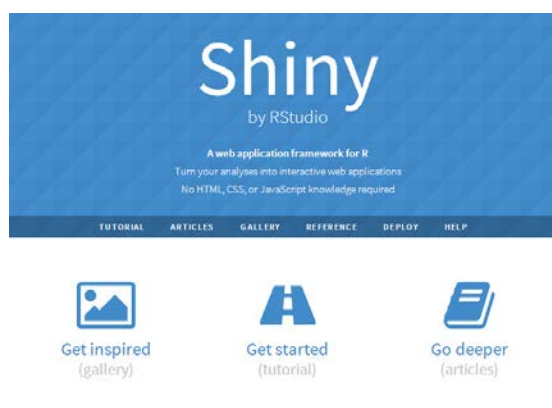
El objetivo de este trabajo es describir a grandes rasgos la creación de aplicaciones web interactivas y reactivas con el paquete shiny de R, así como el interés de su uso en la docencia de la Estadística a nivel universitario.

2.2. Método y proceso de investigación

2.2.1. Introducción a Shiny

Shiny es un paquete de R que permite construir aplicaciones web interactivas. La primera versión de este paquete fue presentada en 2012 dentro de las herramientas de Rstudio y ha ido evolucionando de manera progresiva. El lector puede consultar la página web de la Figura 1 y Beeley (2103) y Resnizky (2015) para mayor información.

Figura 1. Shiny by Rstudio (<http://shiny.rstudio.com/>)



La instalación de este paquete puede realizarse a través de los menús de Rstudio o simplemente con la siguiente orden:

```
install.packages("shiny")
```

Las principales características de Shiny son:

- La construcción de estas aplicaciones se realiza mediante código R. Si el usuario lo prefiere, también puede construirlas usando HTML, CSS, y JavaScript.
- Las aplicaciones se desarrollan bajo la programación reactiva, es decir, incorporan componentes activos y listos para recibir eventos. Más concretamente, las aplicaciones

"reaccionan" a las decisiones de los usuarios convirtiéndose, en particular, en aplicaciones interactivas. De esta forma, Shiny permite manipular los componentes de la aplicación sin manipular el código.

- Shiny funciona en cualquier interfaz de R (la propia consola de R, Rgui para Windows o Mac, ESS, StatET, RStudio, etc.).
- Las aplicaciones presentan, por defecto, un estilo de interfaz basado en el framework Bootstrap que les da un aspecto atractivo y actual.
- Shiny dispone de una gran variedad de opciones para introducir los valores de entrada o inputs de una forma amigable. Estas opciones están prediseñadas mediante sencillas instrucciones o widgets que pueden incorporarse a nuestra aplicación (barras deslizables, menús seleccionables, etc.).
- La comunicación entre el navegador, en el dispositivo del cliente, y R, en el servidor, se realiza de manera rápida y eficiente por medio del paquete `httpuv`.
- El usuario puede desarrollar cualquier tipo de widget (y próximamente los podrá compartir con el resto de los usuarios).
- Las aplicaciones tienen fácil accesibilidad ya que pueden abrirse en cualquier navegador desde un ordenador, tablet o teléfono móvil.
- Estas aplicaciones interactivas pueden jugar un papel fundamental no solo en el ámbito docente, sino también en el ámbito profesional o de investigación.

El lector puede consultar ejemplos de aplicaciones realizadas con Shiny en:

<http://shiny.rstudio.com/gallery/>

<http://www.showmeshiny.com/>

2.2.2. Diseñando una aplicación ShinyEST

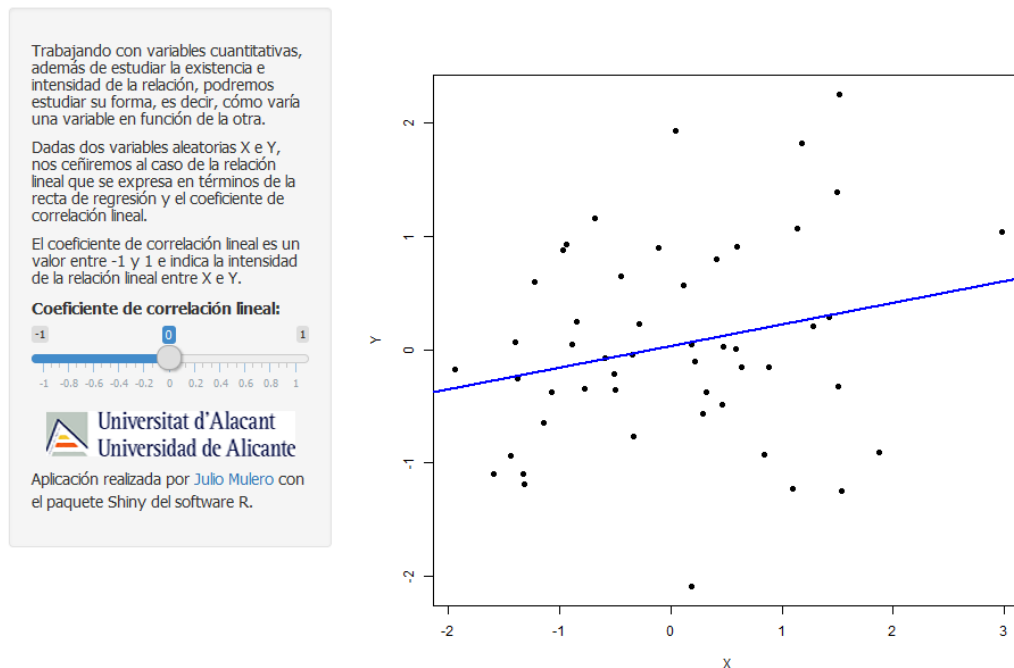
ShinyEST es un proyecto de los profesores del departamento de Matemáticas de la Universidad de Alicante que perseguimos el desarrollo de recursos docentes para ser utilizados en clase y en casa por los propios profesores o nuestro alumnado. Este proyecto consta de diferentes aplicaciones web en continuo desarrollo que ilustran los contenidos de las asignaturas (ver Molina et al., 2013, y Molina et al., 2015). En este trabajo vamos a exponer el diseño de la aplicación que muestra la Figura 2 que tiene como título "*Relación lineal entre dos variables cuantitativas*" que pretende profundizar en los contenidos referentes al estudio de la relación entre dos variables cuantitativas. En particular, el usuario elige un valor para el

coeficiente de correlación lineal de Pearson (entre -1 y 1) mediante una barra deslizable en el panel lateral y la aplicación muestra un gráfico, en el panel principal, en el que se observa una nube de puntos (además de la recta de regresión de Y sobre X) que responde a dicho coeficiente de correlación. Esta aplicación puede consultarse en la web:

<http://shiny.dmat.ua.es:3838/apps/shinyest/correlacion>

Figura 2. Aplicación ShinyEST "Relación lineal entre dos variables cuantitativas"

Relación lineal entre dos variables cuantitativas



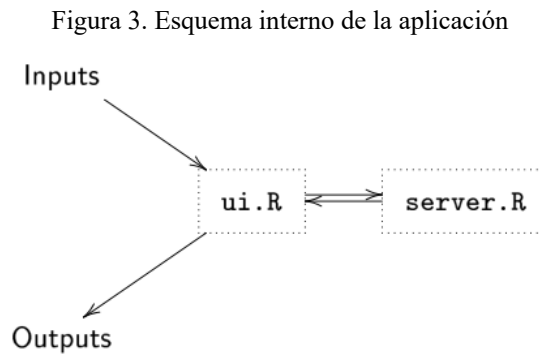
En general, en estas aplicaciones, se distinguen tres pasos en el funcionamiento de la aplicación:

1. El usuario modifica todos aquellos widgets que quedan a su disposición en el navegador (los llamaremos inputs).
2. Los valores de los inputs se envían a R que realiza los cálculos indicados.
3. Los resultados de estos cálculos se muestran en el navegador (los llamaremos outputs).

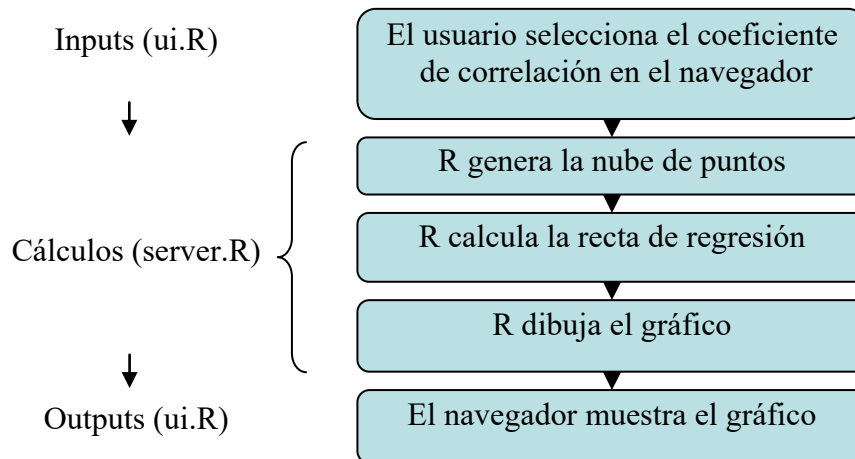
Estas aplicaciones constan generalmente de dos archivos R (que aparecen automáticamente al crear un proyecto Shiny):

1. Un script para la interfaz del usuario, (user-interface, ui.R), que recibe los inputs y muestra los outputs en el navegador.
2. Un script para los cálculos (server.R), que realiza los cálculos necesarios usando R.

El esquema interno de la aplicación puede observarse en la Figura 3.



En nuestra aplicación, tenemos los siguientes elementos:



El lector puede consultar [10] para más información.

El script `ui.R`

El archivo `ui.R` contiene todas las indicaciones para construir la interfaz del usuario. El código de este archivo está incluido dentro de la función `ShinyUI()` y de la función que especifica el tipo de página que queremos construir (`fluidPage()` o `fixedPage()`). Estas instrucciones se pueden agrupar con respecto a los siguientes aspectos:

1. La estructura de la aplicación: Por defecto, las aplicaciones hechas con Shiny tienen un título, un panel lateral y un panel principal que se indican con las funciones `headerPanel()`, `sidebarPanel()` y `mainPanel()`.

2. Los inputs: La reactividad de la aplicación toma como punto de partida los inputs que son los campos en los que dejamos libertad al usuario para elegir diferentes valores a través de los widgets. Hay diferentes tipos de widgets como los que reciben valores numéricos, texto, listas desplegables, etc. En nuestra aplicación, hemos incluido el widget `sliderInput()` que inserta una barra deslizable y permite elegir un valor de r entre -1 y 1. El valor seleccionado pasará a `server.R` bajo el nombre de `r$input` donde el identificador "r" aparece como el primer argumento de la función `sliderInput()`.
3. Los outputs: La reactividad de la aplicación fructifica en los outputs que son los resultados (valores numéricos, tablas, gráficos) que recibe la interfaz desde el `server.R`. En nuestro caso, el resultado es un gráfico y se inserta con la función `plotOutput()`.

El archivo `ui.R` de nuestra aplicación es el siguiente:

```
library(shiny)

shinyUI(fluidPage(

  headerPanel("Relación lineal entre dos variables
    cuantitativas"),

  sidebarPanel(
    h5("Trabajando con variables cuantitativas, además de
    estudiar la existencia e intensidad de la relación,
    podremos estudiar su forma, es decir, cómo varía una
    variable en función de la otra."),
    h5("Dadas dos variables aleatorias X e Y, nos ceñiremos
    al caso de la relación lineal que se expresa en términos
    de la recta de regresión y el coeficiente de correlación
    lineal."),
```

```

h5("El coeficiente de correlación lineal es un valor entre
-1 y 1 e indica la intensidad de la relación lineal entre
X e Y."),
sliderInput("r",
            "Coeficiente de correlación lineal:",
            min = -1,
            max = 1,
            step=0.001,
            value = 0),
p(img(src="ua.png", height = 40), align="center"),
p("Aplicación realizada por", a("Julio Mulero",
href="mailto:julio.mulero@ua.es"), "con el paquete Shiny
del software R.")),

mainPanel(
  plotOutput("nubedepuntos"))
))

```

Además de las funciones citadas, el usuario puede encontrar las siguientes:

- `h5()`: Contenido de texto con diferentes tamaños. Otros tamaños son `h1()`, `h2()`, `h3()` y `h4()`.
- `p()`: Bloques de texto con diferentes componentes.
- `img()`: Imagen (los archivos de las imágenes incluidas deben estar dentro del subdirectorio `www`).

Por último, debemos cargar el paquete Shiny como primera línea del script:

```
library(shiny)
```

El script `server.R`

El archivo `server.R` realiza las operaciones necesarias hasta obtener los outputs que envía como resultado a `ui.R`. Como hemos mencionado anteriormente, nuestra aplicación depende del valor del input `r$input`. Este archivo comienza de nuevo cargando el paquete Shiny y todos los necesarios para realizar los cálculos correspondientes. A excepción de las

funciones definidas en R que sean necesarias para el tratamiento de los inputs, los cálculos concretos que deben "reaccionar" a las decisiones de los usuarios están incluidos dentro de

```
shinyServer(function(input, output) {  
  ...  
})
```

El archivo server.R de nuestra aplicación es el siguiente:

```
library(shiny)  
  
r.dist<-function(r) {  
  if(r==1|r==-1) {  
    x<-runif(50, min=-2, max=2)  
    z<-r*x  
    res<-lm(z~x)  
    plot(cbind(x, z), xlim=c(min(x), max(x)),  
         ylim=c(min(z), max(z)), xlab="X", ylab="Y", pch=19)  
    abline(res, col="blue", lwd = 2)  
  }  
  else{  
    x<-rnorm(50)  
    y<-rnorm(50)  
    a<-r/sqrt(1-r^2)  
    z<-x*a+y  
    res<-lm(z~x)  
    plot(cbind(x, z), xlim=c(min(x), max(x)),  
         ylim=c(min(z), max(z)), xlab="X", ylab="Y", pch=19)  
    abline(res, col="blue", lwd = 2)  
  }  
}  
  
shinyServer(function(input, output) {  
  output$distPlot <- renderPlot({ r.dist(input$r) },  
    height = 600)  
})
```

En este caso la función `r.dist` genera dos muestras cuya correlación es la seleccionada. Dentro de `shinyServer` se genera el gráfico que constituye el único output de esta aplicación y que es enviado a `ui.R` para mostrarlo en el navegador, denominado `output$distPlot`, mediante la función `renderPlot({ })`, que construye gráficos "reactivos".

2.2.3. Compartiendo una aplicación ShinyEST

Una vez creadas estas aplicaciones, resulta conveniente ponerlas a disposición de los usuarios. Para ello, disponemos de dos opciones. La primera de ellas es el servidor `shinyapps` que es de pago y tiene un coste de 440\$ al año por una suscripción básica que proporciona un total de 500 horas activas. Sin embargo, este procedimiento no resulta adecuado teniendo en cuenta no solo el precio, sino también la cantidad de alumnos a los que va dirigido (alrededor de 500 estudiantes en total). La segunda opción, por la que el departamento de Matemáticas de la Universidad de Alicante se ha decantado, ha sido la instalación de un servidor propio que puede desarrollarse de forma gratuita (con la excepción del coste de la máquina y de la electricidad). Las aplicaciones que están disponibles en nuestro servidor pueden consultarse en:

<http://shiny.dmat.ua.es:3838/apps/shinyest/>

2.2.4. Otras aplicaciones ShinyEST

La aplicación que hemos utilizado como ejemplo es un ejemplo sencillo de crear y utilizar de un recurso docente novedoso y fácilmente accesible que refuerza la adquisición de los conceptos estadísticos como el coeficiente de correlación. Sin embargo, utilizando la misma idea pueden crearse otras aplicaciones que pueden servir para la práctica más concreta de ejercicios y problemas que podrán ser descritas en futuras publicaciones. En esta línea hemos desarrollado aplicaciones web para todos los temas de la asignatura de Estadística aplicada a las Ciencias Sociales de las titulaciones de Criminología, Relaciones Laborales y Recursos Humanos de la Universidad de Alicante:

Tablas de frecuencias:

http://shiny.dmat.ua.es:3838/apps/shinyest/T2_tablas_de_frecuencia

Estadística descriptiva unidimensional:

http://shiny.dmat.ua.es:3838/apps/shinyest/T3_unidimensional

Estadística descriptiva bidimensional:

http://shiny.dmat.ua.es:3838/apps/shinyest/T4_bidimensional

Series temporales:

http://shiny.dmat.ua.es:3838/apps/shinyest/T5_series_temporales

Números índice:

http://shiny.dmat.ua.es:3838/apps/shinyest/T6_indices

3. CONCLUSIONES

Las dificultades con las que nos encontramos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la estadística en alumnos de los grados de ciencias sociales nos llevan a la innovación continua.

La necesidad de disponer de problemas de la asignatura de Estadística aplicada a las Ciencias Sociales unido al interés de ofrecer formatos atractivos a nuestros alumnos hace que las aplicaciones web sean una buena opción.

Las aplicaciones creadas con Shiny permiten poner a disposición de los alumnos recursos docentes con los que afianzar la adquisición de los contenidos no solo en clase sino también desde su propia casa.

Las aplicaciones creadas también han podido utilizarse por parte de los profesores en las clases presenciales, que la han mostrado a modo de “demo” en las clases de prácticas.

Consideramos que nuestro proyecto ha sido un éxito por la buena aceptación por parte del alumnado que se ha refleja de manera objetiva en el aumento continuo del número de visitas registradas en la aplicación web.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Beeley, C. (2013). *Web Application Development with R Using Shiny*. Birmingham: Packt Publishing.
- [2] Gómez, D.S., Molina, M.D., Mulero, J., Nueda, M.J. & Pascual, A. (2012a). Propuestas para incentivar al alumno en la asignatura de Estadística en Ciencias Sociales. *X Jornadas de Investigación Docente 2012*, Universidad de Alicante, pp. 2167-2176.

- [3] Gómez, D.S., Molina, M.D., Mulero, J., Nueda, M.J. & Pascual, A. (2012b). Uso de herramientas gráficas para la enseñanza de Estadística en Ciencias Sociales. *X Jornadas de Investigación Docente 2012*, Universidad de Alicante, pp. 689-698.
- [4] Gómez, D.S., Molina, M.D., Mulero, J., Nueda, M.J. & Pascual, A. (2013a). Uso de sweave para crear exámenes aleatorios. *XI Jornadas de Investigación Docente*. Universidad de Alicante, pp. 1806-1819.
- [5] Gómez, D.S., Molina, M.D., Mulero, J., Nueda, M.J. & Pascual, A. (2013b). *Random exams using Sweave*. INTED 2013 Proceedings, pp. 4759-4766.
- [6] Molina, M.D., Mulero, J., Nueda, M.J. & Pascual, A. (2011a). Aplicación de las nuevas metodologías docentes en la Estadística para las Ciencias Sociales. *IX Jornadas de Investigación Docente 2011*, Universidad de Alicante, pp. 198-208.
- [7] Molina, M.D., Mulero, J., Nueda, M.J. & Pascual, A. (2011b). Uso de herramientas colaborativas para la elaboración de material docente. *IX Jornadas de Investigación Docente 2011*, Universidad de Alicante, pp. 1747-1756.
- [8] Molina, M.D., Mulero, J., Nueda, M.J. & Pascual, A. (2013). *Estadística Aplicada a las Ciencias Sociales*. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- [9] Molina, M.D., Mulero, J., Nueda, M.J. & Pascual, A. (2015). *Estadística Aplicada a les Ciències Socials*. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- [10] Mulero, J. (2015). *Aplicaciones interactivas diseñadas con Shiny*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10045/54325>
- [11] Resnizky, C. (2015). *Learning Shiny*. Birmingham: Packt Publishing.