



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

RÉPLICA DE LOS RESULTADOS DE UN ARTÍCULO DE MICHELE CAMPOLIETI

Autor

DIEGO GIMÉNEZ SALILLAS

Director

ARTURO RAMOS GUTIÉRREZ

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

GRADO EN A.D.E.

2018/2019

Tabla de contenido

Resumen/Abstract.....	2
1. Introducción	3
2. Iniciación.....	5
3. Desarrollo	7
4. Reproducción del artículo original.....	12
5. Conclusiones de la reproducción del artículo	21
6. Análisis de los estudios de replicabilidad	23
Bibliografía.....	30

Índice de ilustraciones y tablas

1. Interfaz gráfica de RStudio.....	7
2. Bases de datos. Prosperidad y recesión.	8
3. Variables integradas y errores de ruta en los archivos.	10
4. Listado de archivos a ejecutar para “recession” y “prosperity”.	11
5. Figura 1. Gráficas de Kaplan-Meier.	12
6. Tabla 1. Datos iniciales generados por Rstudio.	13
7. Tabla 1. Generada personalmente a través de RStudio.	13
8. Figura 2. Gráfica Log–log, duración de recesiones y distribuciones ajustadas.....	15
9. Tabla 2. Generada personalmente a través de RStudio.	15
10. Resultado de p-valor con KS original.....	16
11. Tabla 3. P-valor a través de KS para las distribuciones alternativas.	17
12. Figura 3. Gráfica Log–log, duración de recesiones y distribuciones ajustadas.....	18
13. Tabla 4. Test Vuong comparando log normal. Datos de recesión.....	18
14. Tabla 5. Test Vuong comparando ley potencial. Datos de prosperidad.....	19
15. Tabla 6. Resultados originales para PIB en datos de recesiones.	20
16. Ejemplo de encuesta en mercados de predicción.	26
17. Entorno de las encuestas en mercados de predicción.	27

Resumen/Abstract

El objetivo principal de este trabajo se basa en replicar los resultados del artículo: M. Campolieti, "The durations of recession and prosperity: What distribution do they follow?, *Physica A* (2019)". Su análisis trata de demostrar que distribución de las cuatro propuestas (ley potencial, distribución exponencial, log-normal y Weibull) se ajusta más a los datos de periodos de recesión y prosperidad de una muestra de veintiún países. Para lograr esta meta y atendiendo al tema principal de este TFG (herramientas informáticas de optimización y análisis de datos) se utilizará el software estadístico R y su interfaz gráfica RStudio que permitirá recrear los resultados originales. En caso de no poder demostrar los resultados o existir diferencias también se comentará en esta memoria. Con el fin de lograr este propósito, es necesario documentarse acerca del uso de R y RStudio.

Por otra parte, se pretende analizar la reproducibilidad de los artículos de ciencias sociales a través de su réplica por un agente externo respecto al trabajo original. Se utilizarán las técnicas usadas en el artículo y se aspirará a obtener los mismos resultados. Para ello a través de otra serie de estudios y la experiencia propia en esta memoria se pretende llegar a una conclusión sobre la capacidad de reproducibilidad de los mismos.

The main aim of this work is to replicate the results of the article "The durations of recession and prosperity: What distribution do they follow? *Physica A* (2019)" by Michele Campolieti. Its analysis seeks to show which distribution of the four proposals (potential law, exponential distribution, log-normal and Weibull) fits better with data periods of recession and prosperity of a sample of twenty-one countries. In order to achieve this goal and taking into account the main subject of this dissertation (computer tools for optimization and data analysis), statistical R software will be used and RStudio graphical interface that will allow to recreate the original results. We will comment about if it is not possible to demonstrate the results or there are any differences. In order to achieve this goal, it is necessary to document ourselves about the use of R and RStudio. On the other hand, we also aim to analyze the replicability of social sciences articles through their reproduction by an external agent from original work and also using the techniques applied in the article and getting the same results. The purpose is to, through another series of studies and our own experience in this dissertation, try to reach a conclusion about the replicability of them.

1. Introducción

El principal propósito de este trabajo de fin de grado consiste en reproducir los resultados obtenidos por Michele Campolieti en su artículo “The durations of recession and prosperity: What distribution do they follow?” (Campolieti, 2019). Por otra parte, también es primordial el análisis de la replicabilidad en los experimentos de ciencias sociales. Se llevará a cabo a través del estudio de los resultados y otras investigaciones.

Para recrear el artículo se utilizarán los datos y métodos proporcionados por el autor. Con el objeto de representar de una manera fiel la obra original, también se usarán los entornos de trabajo que ha usado el creador con el propósito de no alterar el procedimiento ni condicionarlo.

En este caso, se habla de los scripts y archivos de datos proporcionados por el mismo autor. Algunos de ellos originales del repositorio CRAN y modificados por el creador para satisfacer las necesidades de su estudio. CRAN es una biblioteca de recursos o scripts que se utilizará con el mismo programa que usó Campolieti. Es decir, el software estadístico R.

Uno de los objetivos, teniendo en cuenta lo anterior, es obtener los resultados originales del autor en su estudio. En caso contrario, se trata de averiguar porque no se han alcanzado los mismos valores y documentarlo para su posterior análisis.

El artículo de Campolieti persigue evidenciar que tipo de distribución (potencial, exponencial, log-normal o Weibull) explica y encaja mejor en el análisis de los períodos de recesión y prosperidad, analizando una muestra de 21 países líderes a nivel mundial.

Determinar qué distribución es más factible para cada período permitiría conocer de antemano o predecir de una manera plausible estos períodos y tener un conocimiento previo valioso para ser capaces de tomar medidas preventivas si fuera necesario.

Por supuesto a través de este trabajo de reproducción se analizará también la replicabilidad en ciencias sociales de los diferentes métodos y metodologías existentes, que permite confirmar la reproducibilidad de los estudios de los diversos investigadores.

Existen investigaciones que señalan o tratan de demostrar cómo en numerosas ocasiones esta clase de artículos adulteran los datos o resultados para obtener efectos positivos en sus conclusiones. Como por ejemplo muestra el artículo “Evaluating the replicability of social science experiments in *Nature* and *Science* between 2010 and 2015” (Camerer, y otros, 2018), que será fuente de análisis posteriormente.

Por otra parte, otro gran beneficio de la replicabilidad es la reutilización de los métodos y resultados obtenidos en otros estudios con el propósito de optimizar los procesos o mejorarlos. Como se menciona en el artículo “Being able to replicate scientific findings is crucial for scientific progress” [Ser capaces de replicar los descubrimientos es crucial para el progreso científico] (Camerer, y otros, 2018).

Por consiguiente, es importante que se repliquen los resultados de manera idéntica para demostrar la reproducibilidad de los procedimientos y además la realización o metodología debe ser cercana a la original para no condicionar el proceso.

En el artículo recientemente mencionado arriba se afirma “The replications are high powered, with sample sizes on average about five times higher than in the original studies.” [Las réplicas son de alta potencia, con tamaños de muestra en promedio unas cinco veces más altos que en los estudios originales]. En el caso de esta memoria se utilizarán los mismos medios que usó el autor en su ensayo original. Sin embargo, el procedimiento para aumentar la eficacia será analizado más tarde puesto que facilita los análisis de las investigaciones y su reproducción.

Campolieti sugiere en su artículo “An implication of a power law distribution in these business cycle durations is that it suggests the existence of cooperative phenomena among economic agents in the economy. Consequently, understanding the distributions we observe in the data can thus shed light on the theories and mechanisms that create them.” [Una consecuencia de la distribución de la ley potencial en la duración de estos ciclos económicos es que sugiere la existencia de fenómenos cooperativos entre los agentes económicos y la propia economía] (Campolieti, 2019). Como se comentaba antes, la existencia de patrones puede evidenciar futuros comportamientos.

A lo largo de las siguientes páginas se explicará el proceso llevado a cabo para recrear el entorno generado por el autor en R y el procedimiento utilizado para obtener sus resultados. Adicionalmente, se analizará la reproducibilidad de este artículo a través de la réplica de los métodos y su posterior análisis. Por supuesto se comparará con otros artículos que versen sobre el tema e informen sobre otro tipo de campos de investigación.

2. Iniciación

El trabajo de réplica comienza a través de la formación en el software estadístico R con el fin de entender el programa y sus diversas herramientas.

Es por ello, que se hace imprescindible comenzar a comprender los conceptos básicos. Para esto utilizo el manual ubicado en la página web de R¹. Este manual contiene los primeros conceptos que se deben conocer para empezar a usar y entender el funcionamiento del programa (R Core Team, 2019).

Gracias a este manual, así como las preguntas frecuentes² y otros manuales ubicados en la misma página³ se obtiene la base necesaria para comenzar a usar el programa. Es imprescindible conocer como importar y exportar archivos e introducir y ejecutar código. Además de la creación de variables y tablas para representar los resultados de manera más gráfica e intuitiva⁴.

Inmediatamente después obtengo el artículo⁵ del autor y los scripts (ficheros con código que interpreta y ejecuta el programa R) y con ello los datos originales usados por Campolieti.⁶

Una vez leído el artículo de Michael Campolieti, se extrae el principal propósito de este ensayo: “Study the duration of periods of prosperity and recessions from twenty-one leading economies and determine what distribution is a reasonable and plausible fit for these duration data” [Estudiar la duración de los periodos de prosperidad y recesión de veintiún países líderes y determinar que distribución es un ajuste razonable y plausible para esos datos de duración].

Estos períodos se pueden medir de dos maneras y los resultados serán diferentes. A través del PIB y los ciclos económicos cronológicos. Campolieti se decanta por los ciclos. Ya que estos proporcionan mayor información económica al tener en cuenta más variables. Como por ejemplo: cambios en los ingresos reales, empleo, ventas y la producción industrial.

¹ <https://cran.r-project.org/>

² <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/rw-FAQ.html>

³ <https://cran.r-project.org/manuals.html>

⁴ <https://mauricioanderson.com/curso-r-subsetting/>

⁵ <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.04.057> (Para obtener el artículo es necesario estar conectado a la red de la Universidad de Zaragoza).

⁶ Cabe reseñar que el artículo se encuentra en formato nota de prensa desde su publicación (6 de mayo de 2019) y no ha obtenido la forma definitiva extendida, lo cual no suele ser frecuente.

Este proceso se lleva a cabo en el artículo a través de cuatro distribuciones: la ley potencial y la distribución exponencial (que son los dos métodos usados con mayor frecuencia en estudios anteriores). Adicionalmente, Campolieti incorpora la distribución log-normal y la distribución de Weibull para extender el análisis y tener más posibilidades para comparar entre resultados de las distribuciones.

Además, el autor usa la MLE (Maximum Likelihood Estimation) o en español EMV (Estimación por Máxima Verosimilitud) ya que es un método habitual para ajustar modelos matemáticos y estimar sus parámetros.

Este procedimiento se aplica a las cuatro distribuciones anteriormente mencionadas. Es un método que estima y evalúa el ajuste de cada una de estas distribuciones candidatas. Permite que las pruebas de comparación de modelos contrasten una distribución particular con las distribuciones competidoras. Por tanto este sistema permitirá escoger la distribución más apropiada para cada base de datos.

Campolieti señala: “In particular, if is not chosen properly the MLE of the power law exponent will diverge from its true value” [Particularmente, si x_{\min} no se escoge adecuadamente el EMV del exponente de la ley potencial será diferente de su valor real].

Consecuentemente, estima x_{\min} utilizando un enfoque que hace que la diferencia entre los datos observados y la distribución de la ley potencial ajustada sea lo más pequeña posible. Esta estimación de x_{\min} se obtiene utilizando el estadístico Kolmogorov-Smirnov (KS) como criterio objetivo.

Complementariamente, Campolieti se apoya en el estadístico de probabilidad Vuong. Es un test bidireccional que permite determinar que distribución es más favorable en función de si el resultado es positivo o negativo. El autor usa un p-valor conservador de 0,10. Sin embargo, que una distribución obtenga un p-valor superior al anterior no implica su idoneidad.

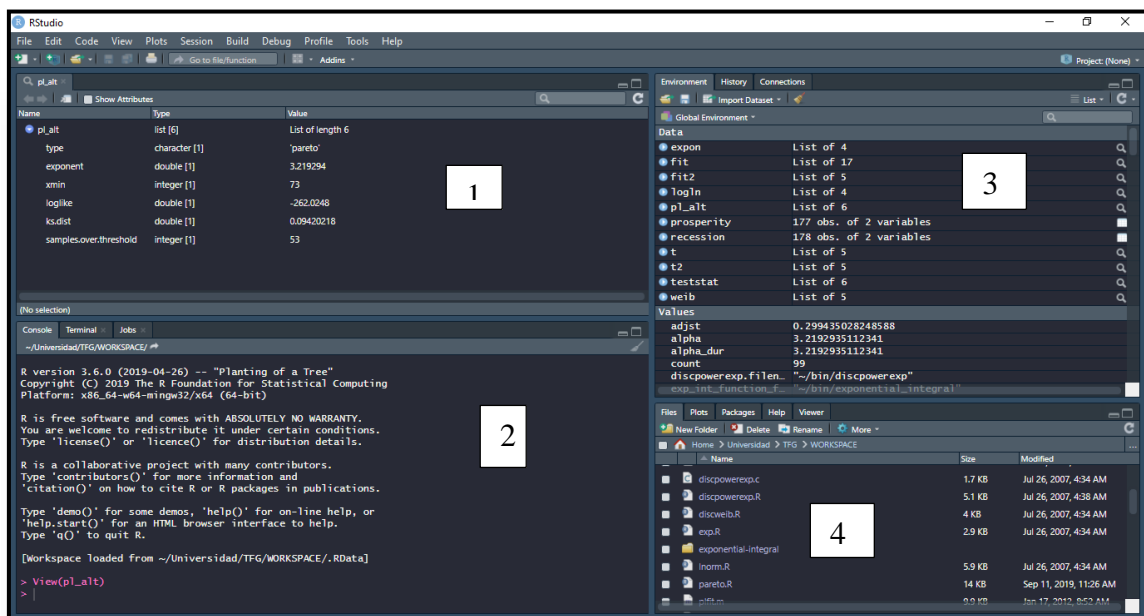
Campolieti utiliza estos métodos novedosos para distinguirse del resto de las investigaciones anteriores. Con estos obtiene resultados diversos en función del periodo estudiado ya sea de prosperidad o recesión.

Las fórmulas y código utilizados para el cálculo de estos complejos estadísticos como el MLE, KS, o Vuong se encuentran en la página web (Clauaset, Shalizi, & Newman, Research, 2019). Página reseñada por el autor como pilar para el desarrollo.

3. Desarrollo

Una vez comienzo a usar el paquete básico de R, necesito acudir a diversos tutoriales⁷ sobre el uso de este. Encuentro y descargo el software RStudio⁸ que al parecer mejora la interfaz gráfica del paquete básico de R y es una herramienta más potente, eficaz e intuitiva.

Efectivamente, RStudio mejora la experiencia del usuario y procedo a utilizar esta herramienta informática. Se basa en una interfaz de aspecto sencillo y ordenado que muestra un entorno donde importar y crear scripts que ejecutar (1), la consola donde introducir el código (2), el entorno de todas las variables, datos y fórmulas procesadas por el programa a disposición el usuario (3) y un apartado para cargar archivos y visualizar gráficos de manera muy intuitiva (4).



1. Interfaz gráfica de RStudio

Es importante reseñar que para que RStudio pueda procesar los datos y leer los scripts es necesario crear un entorno de trabajo o “Workspace” en un directorio del ordenador donde almacenar todos estos ficheros. Es por esto, que en la carpeta “Workspace” introduzco todos los archivos facilitados por el autor y los archivos venideros que serán comentados más tarde.

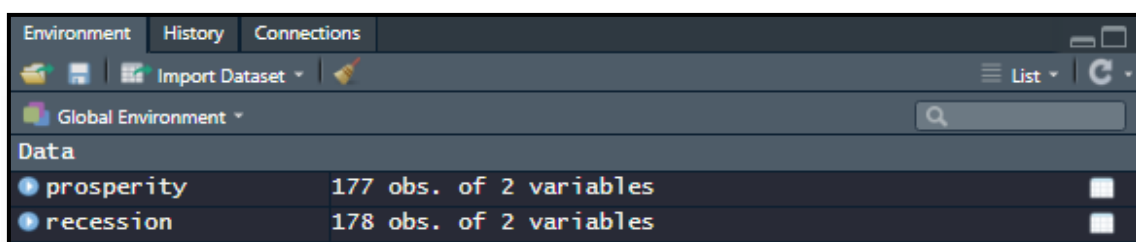
⁷ <http://cort.as/-RGSf>

⁸ <https://www.rstudio.com/>

Además, genero un segundo “Workspace” para realizar pruebas sin riesgo a estropear el primer entorno de trabajo.

Descargado el paquete de datos y scripts que el autor proporciona, procedo a importar los datos de recesión y prosperidad en el programa. Como él indica en su artículo (Campolieti, 2019) estas fuentes de datos proporcionan 178 períodos de recesión y 177 períodos de prosperidad cuando los países se agrupan.

Una vez confirmada la idoneidad de las bases de datos, puedo comenzar a ejecutar el código proporcionado.



2. Bases de datos. Prosperidad y recesión.

Antes de seguir, llevo a cabo una serie de demostraciones que viene integradas en el paquete básico de RStudio “powerlaw” (Gillespie C. , 2019). Además, busco información para el uso de las fórmulas en el manual de este paquete del repositorio online (Gillespie C. , 2019).

En línea con esto último, al usar en Rstudio “help(package = "nombrepaquete")” en este caso “powerlaw”, se visualizan las funciones asociadas y su uso, lo cual es una manera rápida y eficaz de recibir soporte.

Cabe destacar la modificación llevada a cabo por Campolieti en dos archivos como son “powerlaw.R” (Wash, 2008) y “power-law-test.R” (Wash, 2008). Estos archivos se nutren: el primero, del paquete “powerlaw” existente en la biblioteca de Rstudio, sobre el cual, el autor realiza modificaciones con el propósito de adecuarlo al estudio que se lleva a cabo. Importo los dos ficheros anteriores y los ejecuto.

Este paquete anterior contiene código para las distribuciones de la ley potencial continuas y discretas. También contiene un modelo adecuado para los datos de la ley potencial.

El segundo archivo “power-law-test.R” contiene código para comparar las distribuciones de la ley potencial y otras alternativas. Este script es realmente importante, contiene fórmulas para calcular los parámetros de Vuong y realizar otra serie de cálculos determinantes a lo largo del estudio asociados al MLE.

Por ello es importante antes de ejecutarlo, leer adecuadamente los requisitos mínimos que necesita. Entre ellos se encuentra la necesidad previa de ejecución de los scripts o archivos: “Pareto.R”, “powerexp.R”, “zeta.R” y “discpowerexp.R”. Es importante compilar estos scripts ya que contienen código que hace funcionar el código de “power-law-test”.

El paquete “Pareto.R” original se ejecuta sin ningún error. Sin embargo más adelante genera errores concatenados en otros scripts. Al parecer faltan fórmulas que el autor desarrolló pero no incluyó en esta versión. Más adelante se hablará concretamente de esto.

El archivo “powerexp.R” contiene una serie de comentarios que indican que otro archivo debe compilarse a través de un sistema Unix, es decir Linux. Concretamente exponential-integral.tgz.⁹

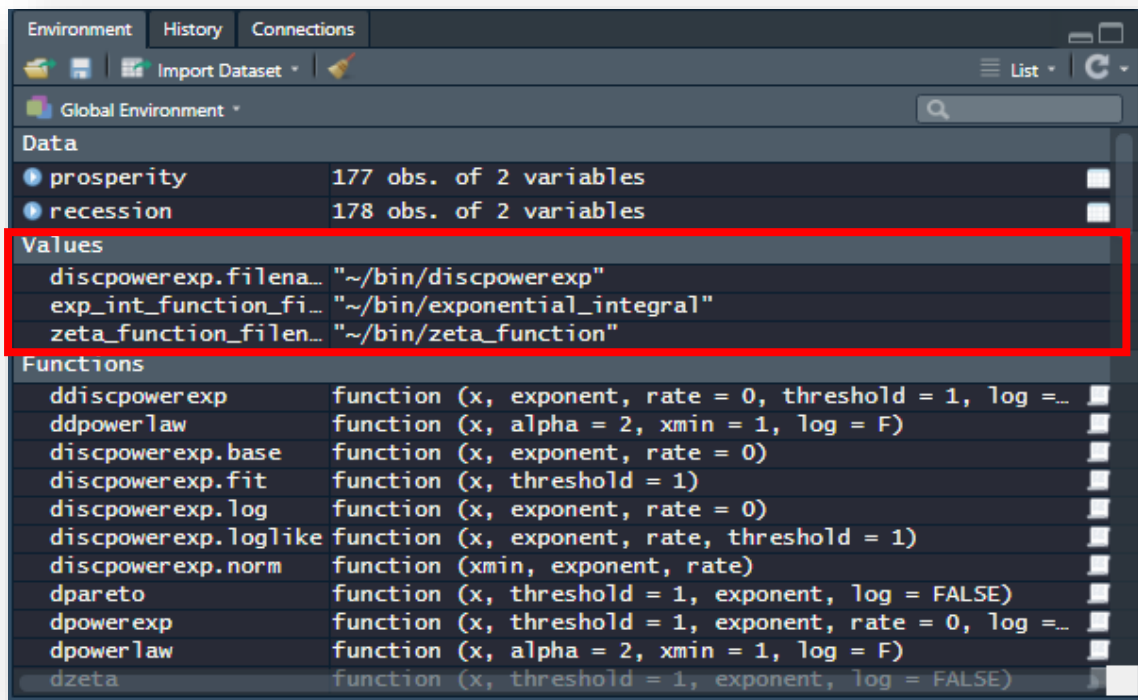
Seguramente el autor utilizó el entorno de Unix para llevar a cabo este trabajo de investigación lo que condiciona el proceso llevado a cabo para replicar. Para ello sería necesario instalar Linux y es un proceso que se escapa al ámbito de este trabajo de fin de grado.

Sin embargo, adjunto en el mismo archivo que se encuentra este paquete, se obtienen las versiones adaptadas a R que se pueden ejecutar “Exp.R” y “powerexp-exponential-integral.R”. Una vez hecho esto, “powerexp.R” se ejecuta sin provocar errores.

Los scripts “zeta.tgz” y “discpowerexp.tgz” tienen el mismo problema que “powerexp.R”. Sin embargo, traen consigo sus versiones adaptadas a R, véase: “zeta.R”, “discpowerexp.R” y “discexp.R”.

A pesar de la existencia de archivos adaptados a R, la compilación de estos últimos archivos genera errores o rutas vacías, que hacen sospechar que no todo el código se ejecuta correctamente.

⁹ Para todo este proceso se necesita instalar un sistema Unix, basado en Linux. Posteriormente utilizar un entorno como Ubuntu e instalar la biblioteca científica GSL (Free Software Foundation, 2019). Una vez hecho esto, se puede compilar el código. Toda la información ha sido consultada en (FM, 2019)



3. Variables integradas y errores de ruta en los archivos.

Una vez ejecutados estos archivos en el orden correcto, se compila “power-law-test.R” sin mayor dificultad.

Con el objetivo de hacer funcionar correctamente estos scripts, es necesario muchas veces (como luego se verá) buscar en la biblioteca de RStudio las diferentes herramientas (paquetes) alojadas en el repositorio CRAN. Como por ejemplo, “numDeriv”, “gsl”, “e1071” que proveen de los instrumentos necesarios al archivo prioritario para ejecutarse adecuadamente¹⁰.

Estas herramientas también se encuentran en la biblioteca CRAN. Hay que revisarlas de una manera manual para luego instalar el paquete en RStudio a través de código o con la herramienta de la librería de paquetes. A lo largo de esta memoria se frecuentará esta página¹¹ para buscar algunos paquetes de fórmulas en los que surgen problemas y poder solventarlos.

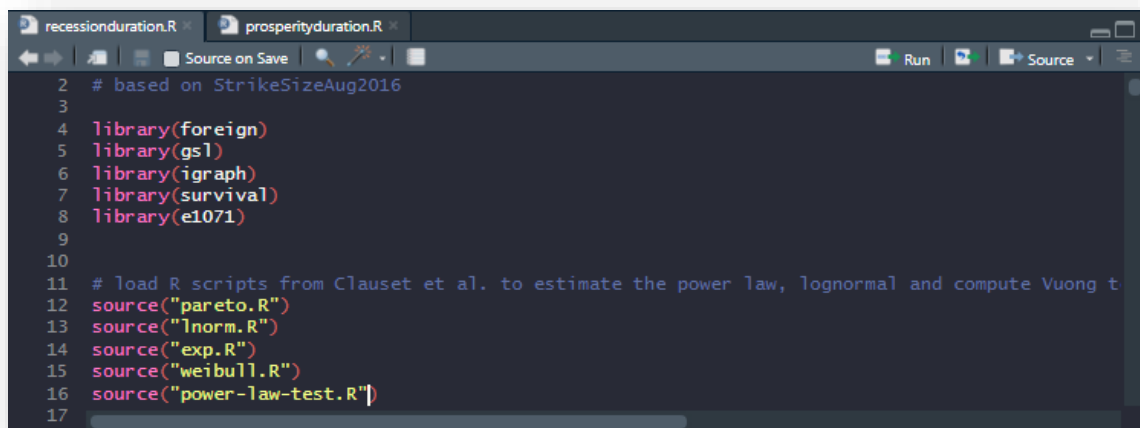
¹⁰ Muchas veces el propio script ejecuta la búsqueda e instala la herramienta sin necesidad realizar otra tarea.

¹¹ (R Core Team, 2019)

Es ahora cuando se usan los dos archivos principales de este estudio: “recessionduration.R” y “prosperityduration.R”. Estos archivos son la base de todo el estudio. Incluyen la gran mayoría de las fórmulas y cálculos que Campolieti usa para obtener sus resultados y conclusiones. El archivo se encuentra lleno de comentarios que indican pequeños apuntes, modificaciones o necesidades individuales que se requieren.

Es importante destacar que no se pueden ejecutar los dos archivos al mismo tiempo. Ya que las fórmulas y variables solo ejecutan un archivo al mismo tiempo, debido a los nombres de las mismas, que son idénticos para ambos periodos (podría ser un aspecto a mejorar el haber incluido diferentes nombres para las variables y automatizar aún más el proceso).

Antes de ejecutar estos archivos tan importantes es necesario como ocurría antes ejecutar una serie de scripts previos (son los mismos para “recession” y “prosperity”, ya que ambos archivos son clónicos salvando las diferencias para cada variable). En la siguiente imagen se muestran estos archivos.



```
recessionduration.R | prosperityduration.R
Source on Save Run Source
2 # based on StrikeSizeAug2016
3
4 library(foreign)
5 library(gs1)
6 library(igraph)
7 library(survival)
8 library(e1071)
9
10
11 # load R scripts from Clauset et al. to estimate the power law, lognormal and compute Vuong t
12 source("pareto.R")
13 source("lnorm.R")
14 source("exp.R")
15 source("weibull.R")
16 source("power-law-test.R")
17
```

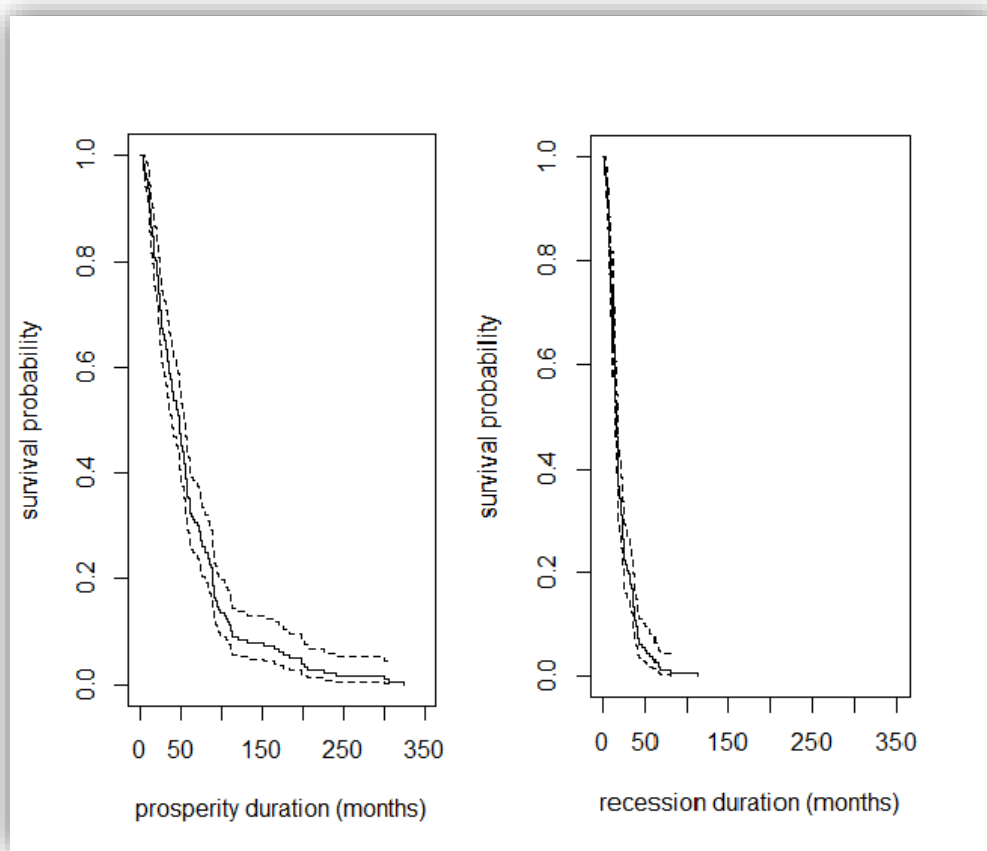
4. Listado de archivos a ejecutar para “recession” y “prosperity”.

Estos archivos se ejecutan fácilmente. Para terminar compilo los últimos archivos restantes del paquete de Clauset Al: “dislnorm.R”, “discweib.R”, “poisson.R” y “yule.R”. Aunque no aparezcan como requisitos mínimos para los scripts importantes, me parece necesario ejecutarlos ya que contienen fórmulas de otros archivos ya usados, además requieren de archivos previos ya ejecutados para funcionar.

4. Reproducción del artículo original

Una vez todo el entorno de scripts y variables está presente en el espacio de trabajo, es momento de ejecutar los archivos más importantes y replicar los resultados de Campolieti.

Comenzando por “recessionduration.R”. Obtener la figura 1 del artículo es sencillo. Una vez el código ha sido ejecutado, en el apartado de “plots” (gráficas) de Rstudio aparecen todas las gráficas disponibles generadas por el estudio automáticamente. Una vez encontradas, se adecuan en cuanto a ejes y límites se refiere y se exportan a una carpeta personal, para su posterior uso.



5. Figura 1. Gráficas de Kaplan-Meier.

De momento se obtiene los mismos resultados que el autor. El sobreviviente Kaplan-Meier proporciona un indicador de la velocidad a la que se producen las salidas en los datos de duración.

Como se observa se obtienen los mismos resultados que en el artículo. Las salidas para los datos de recesión son más rápidas que las salidas para los datos de prosperidad.

Además, las tramas de la figura 1 también indican que la mayoría de las recesiones tienden a tener menos de 20 meses de duración, pero la prosperidad (expansiones) tienden a ser más largos en su mayor parte, con una duración de unos 50 meses. La recesión más larga es de 112 meses, pero el sobreviviente de Kaplan-Meier para las recesiones en la figura 1 indica que las recesiones de más de 60 meses no son comunes. Por el contrario, los períodos de prosperidad que duran 100 meses o más no son infrecuentes.

Una vez completados y explicados estos resultados se avanza hacia la tabla 1. Esta es relativamente sencilla de obtener, la mayoría de las fórmulas para obtener estos datos provienen del archivo “maestro” de “recessionduration.R”.

```
> summary(recession)
  country      recession_dur
Length:178   Min.   : 2.00
Class :character 1st Qu.: 11.00
Mode  :character Median : 15.00
                Mean  : 20.22
                3rd Qu.: 24.00
                Max.  :112.00

> skewness(recession$recession_dur)
[1] 2.211038
> kurtosis(recession$recession_dur)
[1] 7.040363
> sd(recession$recession_dur)
[1] 15.80968
>
```

6. Tabla 1. Datos iniciales generados por Rstudio.

Sin embargo para visualizar los datos de una manera más gráfica, genero unas tablas con los conocimientos adquiridos a través de los diferentes manuales y tutoriales.

	Recession duration (months)	Prosperity duration (months)
Mean	20.22	60.96
Median	15.00	49.00
Minimum	2.00	5.00
Maximum	112.00	324.00
Standard deviation	15.81	56.81
Skewness	2.21	2.19
Kurtosis	7.04	5.77
Number of observations	178.00	177.00

7. Tabla 1. Generada personalmente a través de RStudio.

Como se venía viendo, se observa como los periodos de recesión tienden a ser más cortos que los periodos de prosperidad (realizar los cálculos de prosperidad es lo mismo, solo que cambiando la base de datos a “prosperity”).

A la hora de obtener la figura 2 y la tabla 2 surgen una serie de problemas. Como se había comentado antes el archivo original “Pareto.R” está incompleto. Quizás el autor lo completó más tarde o los archivos utilizados en Linux subsanaban este problema.

En líneas generales el archivo no produce demasiados errores pero concatena uno muy importante desde el principio. Este error se relaciona a la fórmula inexistente

```
“pl_alt <- .pareto.fit.threshold(recession$recession_dur,method="ml")”.
```

Se trata de una función no definida en el archivo original “Pareto.R”. Esta función debería generar una variable con 6 categorías, entre ellas el mínimo o el número de datos por encima del límite al usar Pareto pero no las genera.

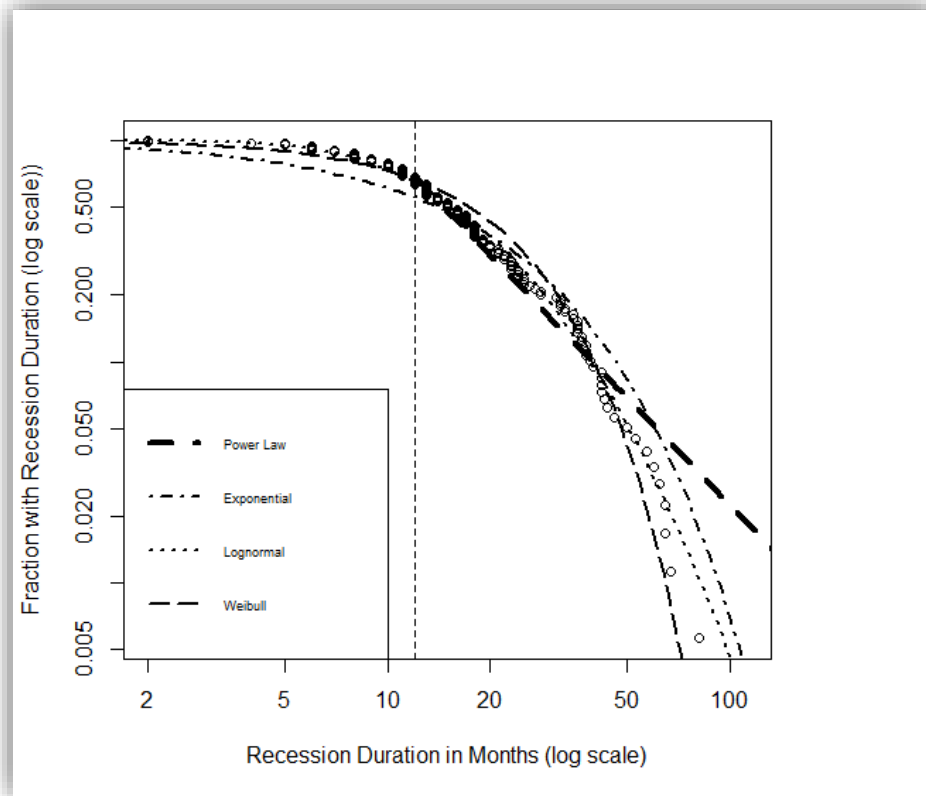
La solución más sencilla es introducir los datos a mano ya que disponemos de ellos en los resultados del autor, sin embargo, esto reduce la replicabilidad como tal. Aunque barajo esta posibilidad, necesito seguir creando variables y modificando el código para que siga funcionando por tanto la descarto.

Tras investigar en varias páginas relacionadas con R¹², en las cuales se encuentra disponible una cantidad de información enorme sobre R, sus funciones y variables, encuentro en una de ellas el archivo “Pareto.R” actualizado del autor (rdrr.io, 2019) y lo intercambio por el original.

Este trueque permite que el archivo “maestro” se ejecute correctamente hasta casi el final y facilite ejecutar ciertos test correctamente.

Obtener ahora la figura 2 es sencillo. Con el archivo original de “Pareto.R” la gráfica no tenía corte vertical en el mínimo valor alcanzado de la distribución Pareto y se tenía que introducir a mano. Ahora el resultado es exactamente el que obtiene Campolieti en su ensayo original, adecuándolo para una correcta visualización (a través de una serie de comandos se ajustan la leyenda y los ejes).

¹² (RDocumentation, 2019) (Namazu, 2019) (The Mathworks Inc, 2019)



8. Figura 2. Gráfica Log-log, duración de recesiones y distribuciones ajustadas.

Para llegar a comprender esta gráfica es necesaria la interpretación de la Tabla 2 del artículo. Esta vez los datos no aparecen agrupados por lo tanto utilizo las fórmulas para crear una tabla y visualizar los datos. Los procedimientos son análogos para los dos periodos tanto de recesión como de prosperidad.

	Recession duration (months)	Prosperity duration (months)
alpha	2.611	3.219
Standard error	0.145	0.305
Xmin (months)	12.000	73.000
Value of log likelihood function	-446.300	-262.020
p-value for Kolmogorov-Smirnov test	0.001	0.163
Number of observations in the upper tail	123.000	53.000
Number of observation	178.000	177.000

9. Tabla 2. Generada personalmente a través de RStudio.

La mayoría de los valores se obtienen directamente o usando alguna fórmula sencilla como “Alpha” o “exponent”, el valor logarítmico de la función o el número de observaciones.

Hay otros valores que previamente había que corregir manualmente, pero tras el nuevo archivo de “Pareto.R” se calculan automáticamente como el error estándar, x_{\min} , (valor clave de umbral inferior) y el número de observaciones por encima del umbral.

Sin embargo, el p-valor no coincide exactamente. El método se basa en un artículo de otro investigador que Campolieti usa como referencia (Clauset, Shalizi, & Newman, Power-law distributions in empirical data, 2019). El test se lanza con 2500 réplicas y tiene tras de sí un gran entramado de fórmulas hasta llegar a la semilla que genera el test de KS. La diferencia radica en milésimas y puede ser simplemente por generación de distintas muestras a la hora de realizar el test.

```
> x<-recession$recession_dur > x<-prosperity$prosperity_dur
> set.seed(20160220) > set.seed(20160220)
> pareto.tail.ks.test(x,2500) > pareto.tail.ks.test(x,2500)
[1] 0 [1] 0.1664
```

10. Resultado de p-valor con KS original.

Aún con esta diferencia los resultados son plausibles. Se concluye que el test de KS rechaza la distribución de la ley potencial como ajuste para la recesión. “The Kolmogorov–Smirnov test rejects the power law distribution as a fit to the recession duration data.” (Campolieti, 2019)

Siguiendo el artículo en la figura 2 se observa a través de la línea “power-law” esta última conclusión ya que escapa de la tendencia. Todo lo contrario para los datos de prosperidad, donde la distribución de la ley potencial es un ajuste factible como se verá en la figura 3.

El siguiente paso es presentar los p-valores de KS para del resto de distribuciones propuestas por el autor en la tabla 3. Algunos valores se muestran como cero debido a que son muy pequeños y la función no permite cambiar a tres decimales. A la izquierda observamos los resultados para los datos de recesión y a la derecha para prosperidad. En orden descendente los valores de p-valor para la distribución exponencial, la log-normal y Weibull.

pvalue_expon_recess...	0	pvalue_expon_prosp...	0.004
pvalue_lognorm_rece...	0.106	pvalue_lognorm_pro...	0.0384
pvalue_weibull_rece...	0	pvalue_weibull_pro...	0.0396

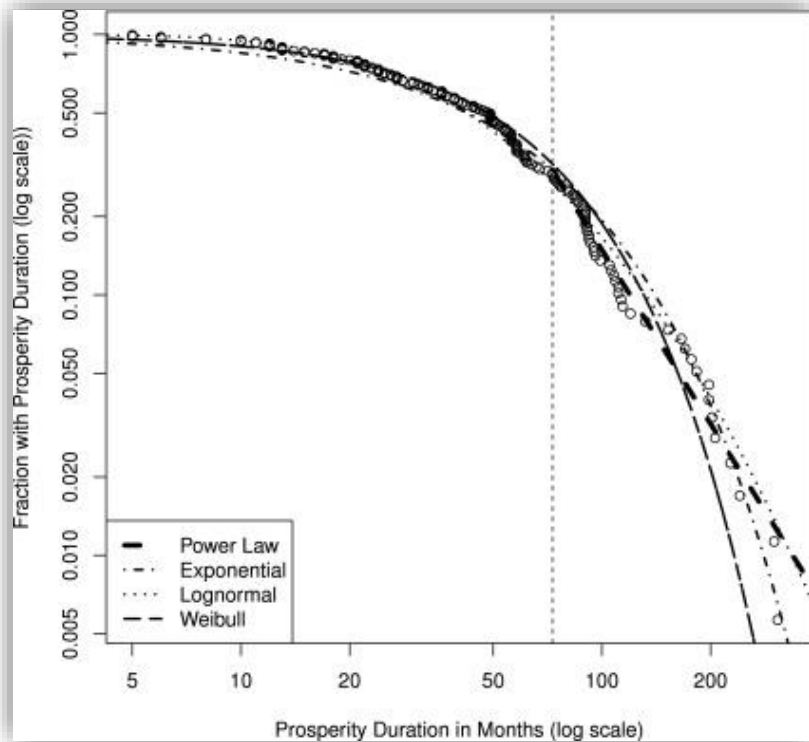
11. Tabla 3. P-valor a través de KS para las distribuciones alternativas.

“The exponential distribution is overwhelmingly rejected as a fit to both the recession and prosperity duration data based on the business cycle chronologies since the p-values for the Kolmogorov–Smirnov test are quite small (<0.01). The Weibull distribution is also a poor fit to both sets of duration data (p-values less than 0.001 and 0.04, respectively).” [La distribución exponencial se rechaza abrumadoramente como un ajuste a los datos de duración de la recesión y la prosperidad basados en las cronologías del ciclo económico, ya que los valores p para la prueba Kolmogorov-Smirnov son bastante pequeños (<0.01). La distribución de Weibull también es un ajuste deficiente a ambos conjuntos de datos de duración (valores p inferiores a 0,001 y 0,04, respectivamente)]. (Campolieti, 2019)

Finalmente, la distribución de la log-normal parece ser un ajuste factible para la duración de las recesiones (p-valor de 0.106) pero no existe un buen ajuste para los datos de prosperidad.

Una vez resueltas las dificultades previas, se obtiene la figura 3 que es igual de sencilla de generar que la figura 2 y servirá para futuros análisis a través de las siguientes tablas. Esta gráfica se visualiza mejor tras observar los resultados de la tabla 5.

En esta gráfica se observa cómo, aunque la ley potencial se aprecia como un buen ajuste si se atiende al p-valor obtenido a través del test KS, los resultados obtenidos en la tabla 5 desmienten esta conclusión ya que ninguna es un ajuste realmente plausible.



12. Figura 3. Gráfica Log-log, duración de recesiones y distribuciones ajustadas.

Con el propósito de continuar con el análisis se lleva a cabo el test de Vuong para los datos de la duración de los periodos de recesión (tabla 4) y prosperidad (tabla 5).

<pre>> # test statistic > teststat\$Vuong [1] 4.777184 > # pvalue > teststat\$p.two.sided [1] 1.777671e-06</pre>	<pre>> # test statistic > teststat\$Vuong [1] 2.212202 > # pvalue > teststat\$p.two.sided [1] 0.02695273</pre>
Lognormal distribution vs. exponential	Lognormal vs. Weibull distribution

13. Tabla 4. Test Vuong comparando log normal. Datos de recesión.

Se observa en efecto, como en la tabla 4 se obtienen los mismos resultados a través del programa RStudio.

“The Vuong tests comparing the log-normal with the exponential and Weibull distributions indicate that the log-normal distribution is the most appropriate distribution for the whole range of the duration of recessions”. (Campolieti, 2019)

De nuevo, la conclusión a través de otro test es la misma, la distribución log-normal es la que mejor encaja en los datos de recesión, ya que se obtienen resultados positivos con unos p-valor pequeños. Este hecho coincide con los valores obtenidos en la figura 2, donde se observa que la distribución log-normal es la más ajustada.

	Test statistic	p-value
Power law distribution vs. exponential distribution	0.683	0.495
Power law distribution vs. lognormal distribution	0.515	0.607
Power law distribution vs. Weibull distribution	1.182	0.237

14. Tabla 5. Test Vuong comparando ley potencial. Datos de prosperidad.

“Although the Kolmogorov–Smirnov test statistic suggests that the power law distribution is a plausible fit to the data (p-value of 0.16), the Vuong test is inconclusive about the most appropriate distribution in the upper tail since the p-values for the test statistics are quite large (> 0.237)”

Aunque el test de KS sugiera la ley potencial como mejor ajuste, el test de Vuong no determina que ninguna distribución sea la apropiada ya que los p-valor son un poco grandes. Por tanto, se obtiene resultados diferentes para los datos de recesión y prosperidad según la distribución analizada.

Se alcanza la última parte del estudio de replicabilidad. Donde el autor utiliza un marco de máxima verosimilitud (MLE) para examinar la solidez de los resultados para los datos de recesión, usando las distribuciones alternativas. Examina la duración de las recesiones definidas utilizando tasas de crecimiento negativas del PIB (antes era a través de ciclos cronológicos económicos) y ajustando la distribución de la ley potencial utilizando una regresión de frecuencia logarítmica.

El autor basa sus cálculos en una referencia externa (Ormerod & Mounfield, 2000), de los cuales extrae el procedimiento. Sin embargo, este cálculo no se encuentra en el código facilitado por Campolieti y no permite reproducir los últimos resultados.

Con todo, los resultados de estos cálculos no difieren de lo visto hasta ahora. Los valores que muestra p-valor de Kolmogorov son demasiado pequeños como para considerar alguna distribución como factible y Vuong arroja resultados no concluyentes (estadístico pequeño y p-valor mayor que 0.1). Esto determina que no hay un resultado robusto para las recesiones definidas solo por el crecimiento del PIB.

	p-value for Kolmogorov-Smirnov test	Vuong likelihood ratio tests
		Power law distribution versus exponential distribution
Power law	<0.001	1.473 {0.141}
Exponential	<0.001	Power law distribution versus Weibull distribution
Weibull	<0.001	1.494 {0.135}
Lognormal	<0.001	Power law distribution versus lognormal distribution
		0.667 {0.505}

15. Tabla 6. Resultados originales para PIB en datos de recesiones.

5. Conclusiones de la reproducción del artículo

Los resultados de la reproducción del artículo han sido satisfactorios. Se ha alcanzado la misma conclusión a través de los datos y código facilitados por el autor. Replicando los mismos métodos se ha obtenido las conclusiones pertinentes.

No se ha conseguido un nivel de perfección al 100% en la réplica como es el caso del p-valor en cálculo del estadístico KS. Como ya se ha comentado, esto se debe al cálculo previo que hay detrás del estadístico. Este necesita una gran cantidad de números aleatorios fijados para poder procesarse, así que sus valores cambian de manera aleatoria y generan resultados diferentes para ese p-valor a través de KS.

Cabe destacar, que no se ha podido realizar el último análisis para determinar los valores de KS y Vuong a través del PIB de los datos de recesión, pero como el artículo se centra en los ciclos económicos cronológicos no parece determinante de cara al resultado final. Simplemente añade información a través de otro método, además obteniendo resultados inconclusos o poco determinantes.

Por tanto, en este trabajo de réplica del análisis de Campolieti sobre veintiún países líderes y sus períodos de recesión y prosperidad basados en los ciclos económicos, se ha analizado el uso de MLE para determinar que distribución es la más apropiada de las estudiadas.

La ley potencial, la distribución exponencial son las distribuciones propuestas por autores y estudios anteriores, la log-normal y Weibull las añadidas por Campolieti. La distribución log-normal para los ciclos económicos es la más apropiada como se ha visto a través de su p-valor mayor y el estadístico del test de Vuong positivo para los datos de recesión. Sin embargo para los datos de prosperidad no es así.

Las estimaciones indican que mientras la ley potencial es un ajuste factible para las duraciones de la prosperidad, el modelo comparativo del test (más completo a través de Vuong y KS) indica que es difícil distinguir una distribución alternativa robusta para los periodos de prosperidad.

La conclusión definitiva que se extrae del artículo y que coincide con los resultados obtenidos en la réplica dice así:

“While a log-normal distribution is a reasonable fit to the duration of recessions defined using business cycle chronologies, the distribution that best fits the duration of prosperity is much more difficult to ascertain.” (Campolieti, 2019)

[Mientras la distribución log-normal es un ajuste razonable para los periodos de recesión (usando ciclos cronológicos), la distribución que encaja o se ajusta mejor a los periodos de prosperidad es más difícil de definir.]

6. Análisis de los estudios de replicabilidad

Una vez llevada a cabo la reproducción del artículo de Campolieti a través de sus métodos y obtener resultados satisfactorios, es el momento para analizar las oportunidades que brindan este tipo de réplicas en el ámbito científico. Para ello se tendrán en cuenta análisis llevados a cabo por otros autores sobre el tema y la experiencia propia alcanzada en este ensayo.

Como ya se comentó anteriormente, ser capaces de replicar descubrimientos científicos es crucial para el progreso científico. Es por ello que la investigación acerca de la reproducción de investigaciones previas es tan importante. Pero ¿a qué se debe este interés? ¿Hasta qué punto se puede confiar en los hallazgos científicos?

Estudios recientes como los publicados en *Human Behaviour* (Camerer, y otros, 2018) (mencionado previamente en esta memoria) muestran cierta tendencia de los autores de los artículos originales a arrojar falsos positivos o magnificar los resultados. Sin embargo, la evidencia es escasa por eso surgen este tipo de análisis.

Detrás de esto puede haber grandes intereses por lograr obtener los resultados esperados. Los estudios pueden estar condicionados por grandes empresas o la obtención de becas o ayudas o simplemente lograr la publicación. Es por ello que estos trabajos se han puesto en tela de juicio desde muchos campos de la ciencia.

En el estudio del análisis de veintiún experimentos de ciencias sociales (Camerer, y otros, 2018), se muestra como de esos 21, son trece los que una vez replicados siguen la tendencia o conclusiones mostradas en el original. Es decir, no son pocos los que no arrojan resultados idénticos al ser reproducidos, concretamente de manera más potente y eficaz, aunque en el caso propio haya sido con los medios y materiales que proporcionó el autor.

En el estudio de Campolieti se ha demostrado que se alcanzan las mismas conclusiones, pero aun así hay ciertos métodos y resultados que no se han alcanzado como tal.

No sabemos hasta qué punto el autor fomenta el falso positivo para lograr resultados diferentes que sus predecesores y poder llevar a cabo la investigación desde otro punto de vista. Él introduce dos nuevas distribuciones que en el caso de no ofrecer conclusiones diferentes convertirían el estudio en un trabajo no relevante ya que llegaría a observaciones similares como en numerosas investigaciones previas.

Es importante señalar que los resultados del estudio de Campolieti muestran la distribución log-normal como una de las distribuciones idóneas para los datos de recesión, siendo que él propone las distribuciones log-normal y Weibull. Para los datos de prosperidad, la distribución que podría ajustarse es la ley potencial pero no hay evidencia tan robusta como en los datos de recesión para asegurarla como ajuste idóneo.

Aunque muy cercano al original, en el proceso de reproducibilidad se observa como no se ha obtenido el p-valor de KS que obtiene Campolieti. Este hecho habla de la precisión que se tiene que llevar a cabo tanto por parte de los investigadores que replican como por parte de los autores a la hora de mostrar o facilitar los medios y datos usados para llevar a cabo sus estudios. Omitir datos condiciona los resultados o no evidencia al cien por cien los métodos usados y también dificulta la consecución de los objetivos.

En el caso del estudio de Campolieti, estos hechos se resolverían casi con total certeza teniendo acceso al documento completo, pero por desgracia todavía no está publicado.

Como ejemplo, tenemos el cálculo de la última tabla presente en el estudio. Aunque basándose en los resultados no aporte nada nuevo al entorno anterior o modifique las conclusiones siempre es interesante ser capaz de recrear el 100% de los cálculos para ver la capacidad de reproducción del artículo original.

Una vez vistos estos hechos cobran especial importancia las entidades que realizan los estudios de replicabilidad. Como el RPP, centrado en el ámbito de la psicología, que realizó un estudio similar de replicabilidad como el llevado a cabo en esta memoria. El RPP encontró que solo el 36% de sus estudios sobre un total de 100 seguían la misma tendencia, una cifra muy baja.

Una vez llevada a cabo esta investigación el EERP, centrado en el ámbito de la economía, realizó el mismo estudio (sobre una muestra menor de 18 ejemplos) y obtuvo un 61%.

Tanto el RPP como el EERP tenían un alto poder estadístico para detectar los tamaños del efecto observados en los estudios originales. Sin embargo, los tamaños del efecto de los estudios publicados pueden estar inflados incluso para los hallazgos verdaderamente positivos debido a sesgos de publicación o de informe.

Es cierto que, los estudios deben seguir unas pautas para poder ser replicados. Según el artículo publicado en *Natural Human Behaviour* (Camerer, y otros, 2018), éstos deben evaluar un efecto entre o dentro de sujetos y soportar una hipótesis clara.

En el caso del artículo de Campolieti se evalúa entre veintiún países una hipótesis, encontrar la distribución que mejor ajuste entre las propuestas. Por tanto cumpliría las condiciones estipuladas por el artículo publicado en *Human Behaviour*.

Uno de los pilares establecidos por Camerer y otros, estipula que a partir del estudio tomado como referencia a replicar es importante seleccionar el estadístico que marca la diferencia en ese estudio. En el caso de este ensayo hablamos del MLE o el estimador de máxima verosimilitud.

En el caso de Camerer y otros, si en la primera versión de la réplica no alcanzan el resultado esperado (etapa 1), reducen las expectativas a replicar en al menos el 50% de los resultados originales, lo que ellos llaman etapa 2. En el caso estudiado en esta memoria no se antoja necesario, ya que en la etapa 1 se han reproducido todos los efectos posibles.

Normalmente los planes de análisis de réplica se registran de manera previa, se publican en el sitio web y se informa a los autores. En el caso personal, se han tomado los datos directamente ofrecidos por Campolieti, ya que dentro de ellos figuraban los medios necesarios para llevar a cabo el trabajo.

Otro punto importante como sugiere la investigación de Camerer y otros, habla de “desviaciones de protocolo no planificadas”. Estas enumeran cualquier desviación de los protocolos de replicación registrados. En este caso, una de las desviaciones ha sido cambiar el uso de uno de los archivos maestros ya que una versión actualizada del mismo (disponible online) permitía ejecutar el código. Sin embargo, con el archivo original no era posible.

El uso de RStudio no se antoja como desviación ya que solo es una interfaz gráfica que facilita el uso de R.

Otra forma de representar la fortaleza de las evidencias obtenidas es a través del factor bayesiano. “El factor Bayes compara el rendimiento predictivo de la hipótesis nula con el de una hipótesis alternativa en la que la incertidumbre sobre el tamaño del efecto verdadero se cuantifica mediante una distribución previa.” (Camerer, y otros, 2018)

Si el factor Bayes es mayor que 1 respalda la hipótesis original y si es menor favorece la hipótesis nula. Esto sucede en el 61.9% de los estudios de Nature Human Behaviour.

También se puede demostrar la replicabilidad utilizando encuestas y mercados de predicción. Los mercados de predicción predicen los resultados de las réplicas y realizan una encuesta de los pronósticos individuales de los participantes en el mercado. Esto muestra que los mercados de predicción son una herramienta prometedora para evaluar la reproducibilidad de los resultados científicos publicados (Dreber, y otros, 2019).

Los mercados de predicción también permiten estimar las probabilidades de que las hipótesis sean verdaderas en diferentes etapas de prueba, lo que proporciona información valiosa sobre la dinámica temporal del descubrimiento científico. Los mercados de predicción pueden usarse para obtener información rápida sobre la reproducibilidad a bajo coste e incluso podrían usarse para determinar qué estudios replicar para asignar de manera óptima recursos limitados a las réplicas.

The image shows two screenshots of a prediction market interface. The top screenshot displays a hypothesis: "Hypothesis 19, Vul et al., 'Temporal selection is suppressed, delayed, and diffused during the attentional blink', Psychological Science". Below the hypothesis, there are two buttons labeled "Yes" and "No" under the heading "Choose your answer". To the right, there is a "Comments" section with a text input field and a "Post My Comment" button. The bottom screenshot, labeled "c", is titled "Enter Your Points". It shows "Your answer: Yes" and a "Score: 50.00". There is a text input field containing "1000" with a "Points" dropdown menu next to it. Below this, it shows "Your Points: 9,998" and "Points After Answer: 8,998". A "Submit Answer!" button is also present.

16. Ejemplo de encuesta en mercados de predicción.

TITLE (SYMBOL)	POSITION	SHARES	VALUE (PROFIT)	
Hypothesis 19, Vul et al., "Temporal selection is suppressed, delayed, and diffused during the attentional blink", Psychological Science (hypothesis_19)	Yes	19	1,083 (+83)	Adjust Close Position
Hypothesis 21, Fischer et al., "Selective exposure and information quantity: How different information quantities moderate decision makers' preference for consistent and inconsistent information", JPSP (hypothesis_21)	Yes	10	368 (-132)	Adjust Close Position
Hypothesis 5, Shnabel, "A needs-based model of reconciliation: Satisfying the differential emotional needs of victim and perpetrator as a key to promoting reconciliation", JPSP (hypothesis_5)	No	38	2,393 (+293)	Adjust Close Position
		Holdings:	3,844	
		Points:	6,398	
		Networth:	10,242	

17. Entorno de las encuestas en mercados de predicción.

En este ejemplo anterior los participantes responden en base a una hipótesis formulada. Se trata de una respuesta dicotómica de sí o no. Cada encuestado elige que proporción de puntos asigna a cada respuesta sobre el total de puntos que tiene disponible para repartir. Esto hace que el reparto sea más justo ya que se debe pensar muy bien a que respuestas otorgar más valor. En términos generales, se trata de un juego de bolsa en el cual los participantes deben decidir si vender o comprar acciones de cada estudio.

Por otra parte, existe una serie de menús dónde observar las respuestas contestadas, realizar modificaciones e incluso un ranking entre los encuestados. Pulsando el botón "adjust" en este caso, se recibe información acerca del estudio dónde se formula esa hipótesis.

En el estudio de Camerer y otros, el análisis del mercado de predicción arrojó una tasa de 63.4% y una creencia promedio de la encuesta de 61.9%, ambas cercanas a la tasa de replicabilidad que se obtuvo en el estudio de 61.9%. Por lo tanto, es un método efectivo de para conocer futuras réplicas.

Habría sido interesante generar un estudio de mercado preguntando sobre el trabajo de Campolieti. Se podría haber preguntado acerca de la idoneidad del propio estudio, si es relevante, si cree que ofrece algún aspecto novedoso en el ámbito trabajado, si ven apropiados los métodos o incluso aventurar a preguntar que distribución sería la más apropiada.

Por otra parte, atendiendo a el RPP y el EERP sugieren que el éxito de la réplica también se correlaciona negativamente con el p-valor del estudio original. Esto sugiere que los p-valores del estudio original podrían ser un predictor de replicabilidad.

El hecho de que puedan predecir en cierta medida qué estudios tienen más probabilidades de replicarse sugiere que hay características de los estudios originales que las revistas o los investigadores pueden usar para determinar de manera previa si es probable que un estudio se replique.

Tomados en conjunto, los resultados del RPP, EERP y SSRP sugieren que el p-valor del estudio original es uno de esos determinantes importantes de la réplica. Sin embargo, la pequeña muestra de estudios y los diferentes criterios de selección hacen que sea difícil establecer cualquier interpretación con confianza en comparación con esos estudios.

Un indicador de si las diferencias entre los estudios son una causa probable de sesgo, es el respaldo de los autores originales. Se debe garantizar que las réplicas sean lo más cercanas posible a los originales. En el caso individual, el material fue proporcionado por el autor (Campolieti) y el método fue informado por él a través de las descripciones.

Este hecho no implica que los autores estén de acuerdo con los resultados obtenidos en las réplicas. Los cambios en la implementación planificada o las ideas después de observar los resultados podrían conducir a diferentes interpretaciones del resultado.

Algunos autores revisan las réplicas una vez llevadas a cabo y argumentan que el poder de éstas es inferior a su estudio original. Otras veces afirman que la hipótesis analizada en el estudio no es la adecuada y otras que concurren en el artículo original son más adecuadas y ofrecen resultados más importantes.

Algunas teorías advierten que, dependiendo de la antigüedad del estudio, este se ve condicionado y los resultados empeoran a mayor antigüedad.

Es importante señalar que incluso entre las réplicas exitosas, los tamaños del efecto estimado fueron menores que el estudio original. Para los 13 estudios que se replicaron según el criterio de significación estadística, los tamaños del efecto de la réplica fueron aproximadamente el 75% del tamaño del efecto original. Esto proporciona una base de la sobreestimación de los verdaderos positivos en los estudios originales.

Este hallazgo refuerza la evidencia de que muchos investigadores usan tamaños de efectos exagerados debido a la investigación generalizada de baja potencia junto con la selección de sesgos para obtener resultados significativos para la publicación.

En definitiva, es demasiado pronto para sacar una conclusión específica sobre las tasas de reproducibilidad de los estudios experimentales en las ciencias sociales.

Sin embargo, la diversidad en los enfoques proporciona cierta confianza de que considerarlos en conjunto puede proporcionar una visión más general sobre la reproducibilidad en las ciencias del comportamiento social.

Camerer y otros, concluyen que no existe una diferencia sistemática en la efectividad de la implementación de los procedimientos del estudio o la idoneidad de las circunstancias de prueba entre los estudios originales y los de réplica. Si ambos supuestos son ciertos, los datos indican que el sesgo sistemático se debe en parte a los falsos positivos y en parte a los tamaños de efectos sobreestimados de los verdaderos positivos.

Estos sesgos sistemáticos pueden reducirse mediante la implementación del pre-registro de los planes de análisis para reducir la probabilidad de falsos positivos y el registro e informe de todos los resultados del estudio para reducir los efectos del sesgo de publicación.

Bibliografía

- Camerer, C., Dreber, A., Holzmeister, F., Ho, T.-H., Huber, J., Johannesson, M., . . . Wu, H. (2018, agosto 27). Evaluating the replicability of social science experiments in Nature and Science between 2010 and 2015 [Evaluando la replicabilidad de los experimentos de ciencias sociales en la naturaleza y ciencia entre 2010 y 2015]. *Nature Human Behaviour*.
- Campolieti, M. (2019, mayo 6). The durations of recession and prosperity: What distribution do they follow? [Las duraciones de los periodos de recesión y prosperidad. ¿Qué distribución siguen?]. *ScienceDirect*.
- Clauset, A., Shalizi, C., & Newman, M. (2019, 9). *Power-law distributions in empirical data*. Retrieved from <https://arxiv.org/pdf/0706.1062.pdf>
- Clauset, A., Shalizi, C., & Newman, M. (2019, 9 15). *Research*. Retrieved from Power-law Distributions in Empirical Data: <http://tuvalu.santafe.edu/~aaronc/powerlaws/>
- Dreber, A., Pfeiffer, T., Almenberg, J., Isaksson, S., Wilson, B., Chen, Y., . . . Johannesson, M. (2019, 9). Using prediction markets to estimate the reproducibility of scientific research. *PNAS*, p. 11.
- FM, Y. (2019, abril 20). *Xataka*. Retrieved from Cómo instalar Linux junto a Windows 10 en un mismo ordenador: <https://www.xataka.com/basics/como-instalar-linux-a-windows-10-ordenador>
- Free Software Foundation. (2019, septiembre 13). *GNU Operating System*. Retrieved from GSL - GNU Scientific Library: <https://www.gnu.org/software/gsl/>
- Gillespie, C. (2019, 8 19). *GitHub*. Retrieved from powerLaw: <https://github.com/csgillespie/powerLaw>
- Gillespie, C. (2019, enero 10). The powerLaw package: a general overview.
- Namazu. (2019, 9). *R Site Search*. Retrieved from <http://search.r-project.org/nmz.html>
- Ormerod, P., & Mounfield, C. (2000). Power law distribution of the duration and magnitude of recessions in capitalist economies: breakdown of scaling. *Physica A*, 10.

R Core Team. (2019, septiembre 18). *Available CRAN Packages By Name [Paquetes disponibles de CRAN ordenados por nombre]*. Retrieved from https://cran.r-project.org/web/packages/available_packages_by_name.html

R Core Team. (5 de julio de 2019). *The Comprehensive R Archive Network*. Obtenido de The R Manuals: <https://cran.r-project.org/index.html>

RDocumentation. (2019, 9). Retrieved from Search all 18,194 CRAN, Bioconductor and GitHub packages.: <https://www.rdocumentation.org/>

rdr.io. (2019, 9 7). *DeMAND*. Retrieved from <https://rdr.io/bioc/DeMAND/src/R/pareto.R>

The Mathworks Inc. (2019, 9). *MathWorks*. Retrieved from <https://es.mathworks.com/help/>

Wash, R. (2008). *powerlaw.R*.