



Taller virtual corto
Short virtual workshop
Lima, 2-3 septiembre 2021

HidRología con R

HydRology with R

Pedro Rau, PhD
Hidrólogo



✓ **Instructor:**

Pedro Rau

Profesor full-time e investigador Universidad de Ingeniería y Tecnología UTEC - Dpto. Ing. Ambiental. Centro de Investigación y Tecnología del Agua CITA. Hidrólogo investigador en redes internacionales: FR, EC, US, UK ... Consultor en Hidrología y Recursos Hídricos

✓ **E.mail:** pedro.rau.ing@gmail.com

✓ **Sitio web:** <http://pedrorau.blogspot.com>

✓ **Repositorio del curso:** http://github.com/hydrocodes/HidRologia_corto

✓ **Requisitos:** Conocimiento básicos en Hidrología y Estadística

**Contenido
del taller**

1. Introducción a las series de tiempo hidrológicas
2. Entorno R, Rstudio y la nube
3. Análisis exploratorio de datos
4. Introducción a la hidrología en la nube

Metodología
« Hands-on »

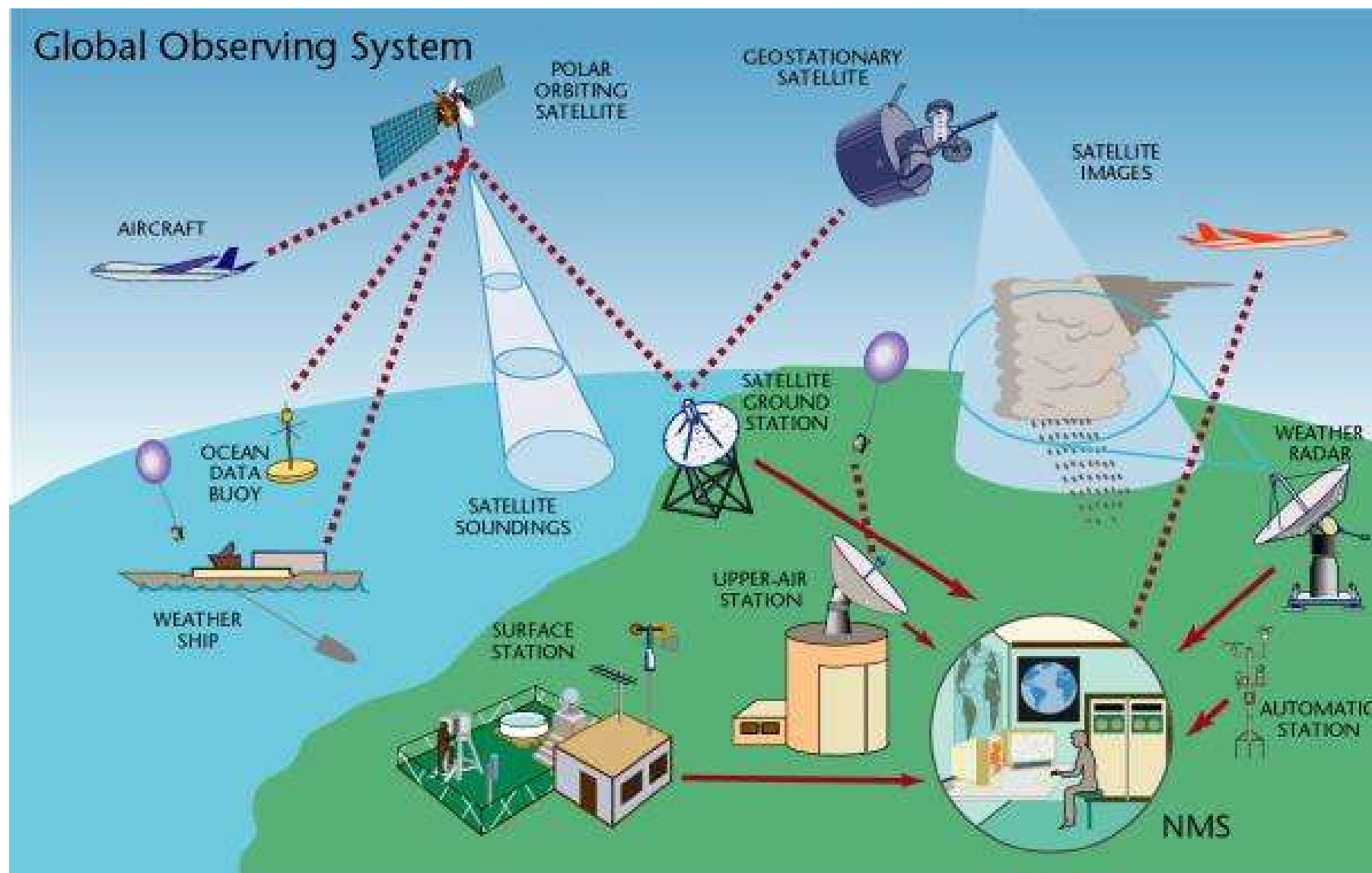
- Lecturas base y planteamiento de ejercicios
- Creación e interpretación de ficheros *.R con comentarios
- Resolución de bugs

Total: 4hrs

1. Introducción a las series de tiempo hidrológicas



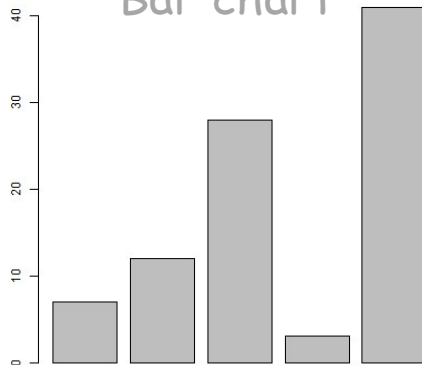
1.1 Sistema de observación global



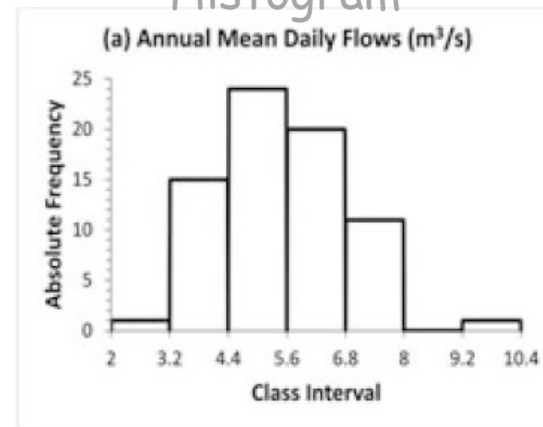
1.2 Análisis preliminar de datos hidrológicos

a. Algunos tipos de representaciones gráficas

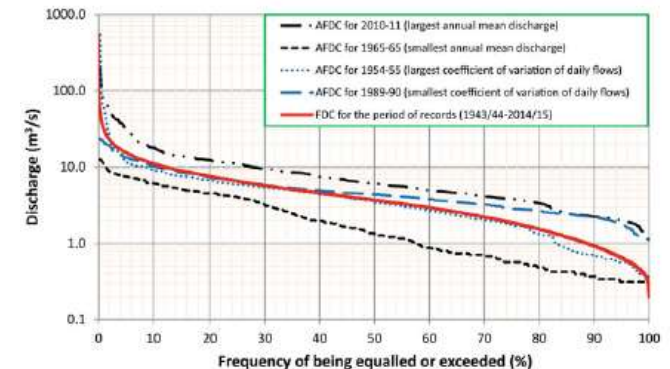
Diagrama de barras
Bar chart



Histograma
Histogram



Curvas de duración
Duration curves



Parámetro de la población

Estadística de la muestra

1. Punto medio

Media aritmética

$$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Mediana

x tal que $F(x) = 0.5$

Valor de la información en el 50o. percentil

Media geométrica

antilog $[E(\log x)]$

$$\left(\prod_{i=1}^n x_i \right)^{1/n}$$

Coefficiente de variación

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}$$

$$CV = \frac{s}{\bar{x}}$$

2. Variabilidad

Varianza

$$\sigma^2 = E[(x - \mu)^2]$$

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Desviación estándar

$$\sigma = \{E[(x - \mu)^2]\}^{1/2}$$

$$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$$

3. Simetría

Coefficiente de asimetría (oblicuidad)

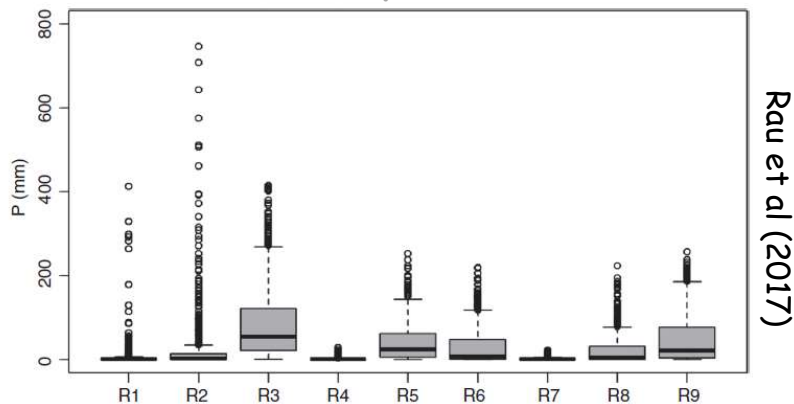
$$\gamma = \frac{E[(x - \mu)^3]}{\sigma^3}$$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

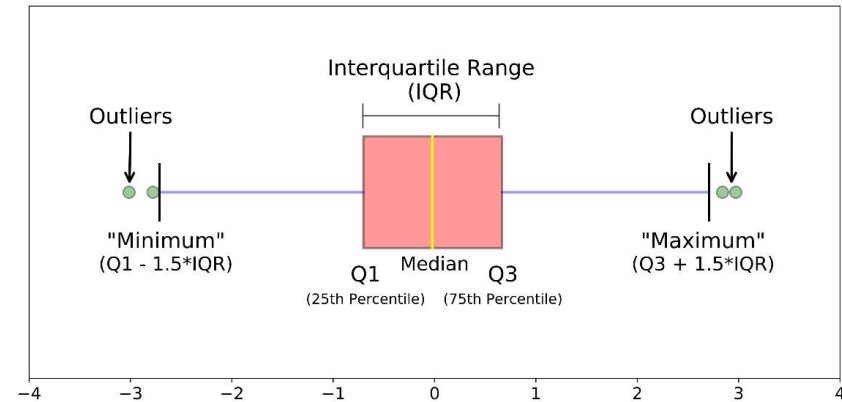
b. Estadísticos descriptivos

c. Algunos métodos exploratorios

Diagrama de cajas
Box plot



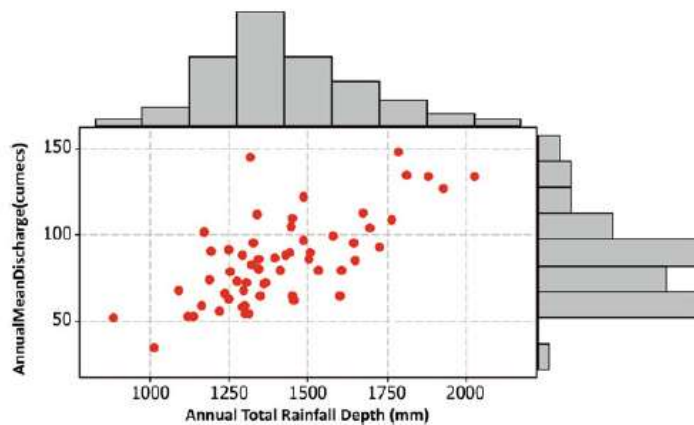
Rau et al (2017)



Naghetini (2017)

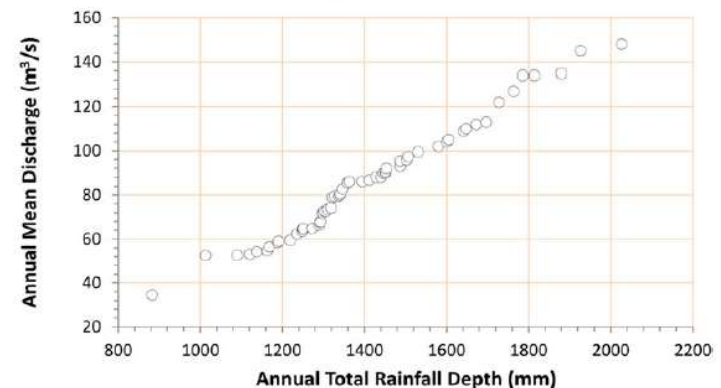
d. Asociación de datos

Gráfico de dispersion
Scatter plot



P. Rau –hidRología (2021)

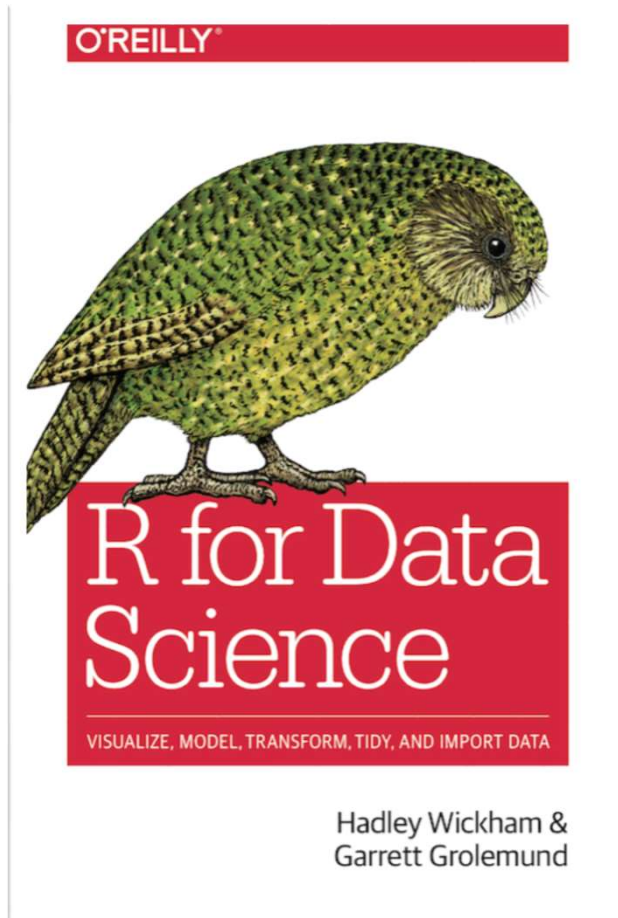
Diagrama Cuantil-Cuantil
Empirical Quantile-Quantile Diagram
Q-Q Plot





2. Entorno R y Rstudio

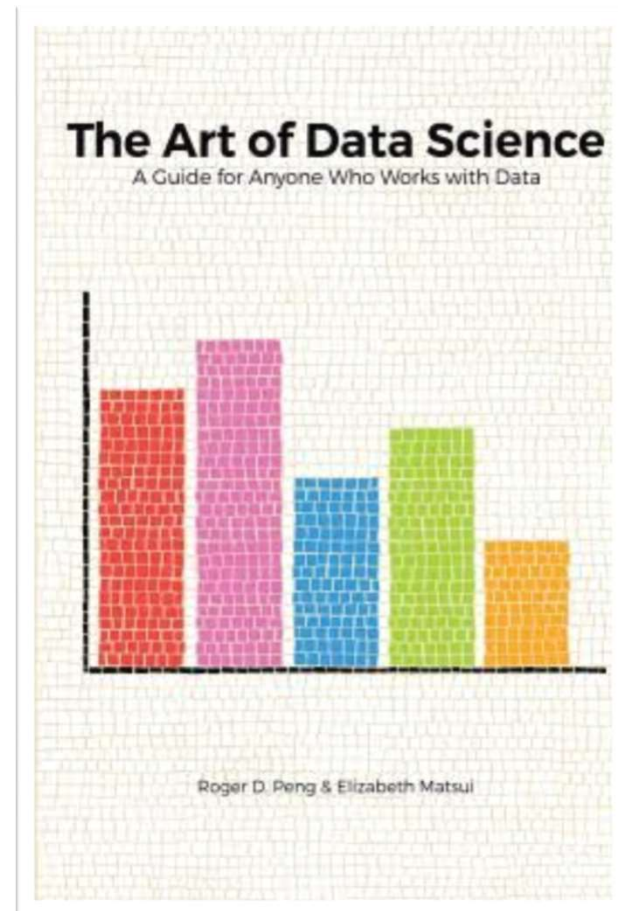




<https://r4ds.had.co.nz/>

<https://es.r4ds.hadley.nz/>

<https://github.com/jrnold/r4ds-exercise-solutions/blob/master/README.md>



<https://bookdown.org/rdpeng/artofdatascience/>

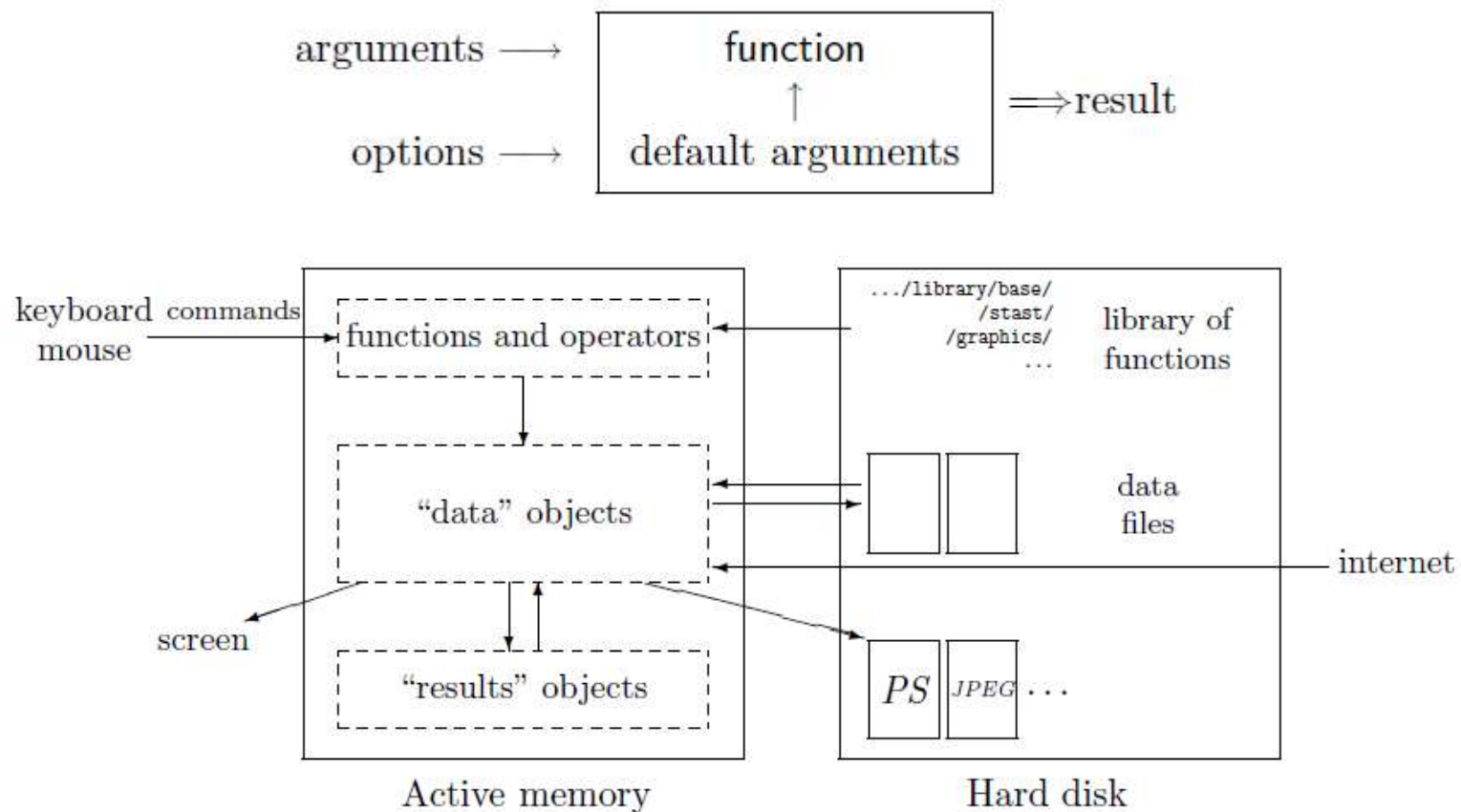
<https://github.com/waldronlab/The-Art-of-Data-Science/blob/master/README.md>

R-4.1.1 for Windows (32/64 bit) - Agosto 2021

<https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>



- ✓ Sistema para el análisis estadístico y graficación (Ihaka y Gentleman, 1996)
- ✓ Lenguaje interpretado, no es un lenguaje compilado
- ✓ Fácil e intuitivo, estrictamente « no es un lenguaje de programación »

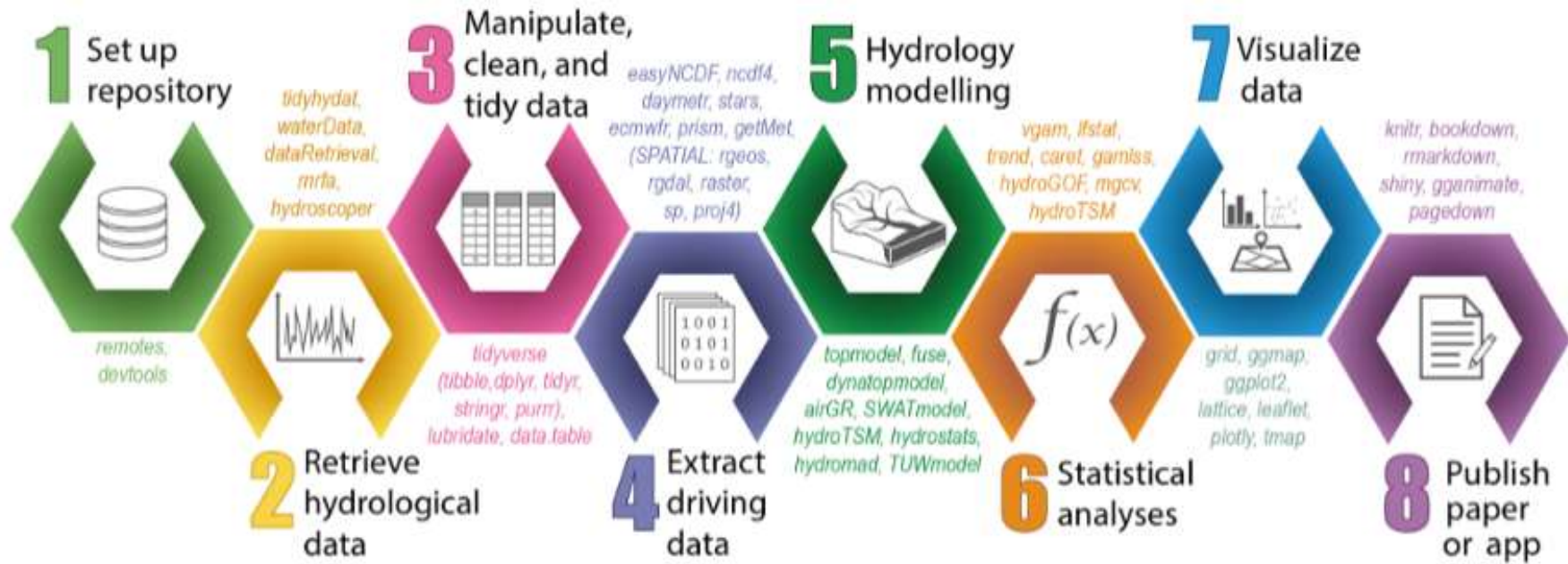


Paradis (2002)

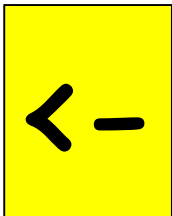
The Comprehensive R Archive Net-work (CRAN)

<https://cran.r-project.org>

Tipico Flujo de trabajo en R en hidrologia

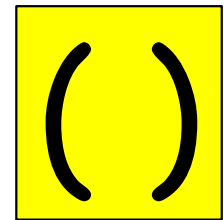


Slater et al (2019)



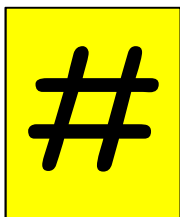
"Clases" de objetos básicos o "atomic" en R:

- numeric (real numbers)
- integer
- complex
- logical (True/False)



Tipos de objetos en R para representar a los datos

object	modes	several modes possible in the same object?	
vector	numeric, character, complex <i>or</i> logical	No	<code>c()</code>
factor	numeric <i>or</i> character	No	<code>factor()</code>
array	numeric, character, complex <i>or</i> logical	No	<code>array()</code>
matrix	numeric, character, complex <i>or</i> logical	No	<code>matrix()</code>
data frame	numeric, character, complex <i>or</i> logical	Yes	<code>data.frame()</code>
ts	numeric, character, complex <i>or</i> logical	No	<code>ts()</code>
list	numeric, character, complex, logical, function, expression, ...	Yes	<code>list()</code>



Convirtiendo clases de objetos

Conversion to	Function	Rules
numeric	as.numeric	FALSE → 0 TRUE → 1 "1", "2", ... → 1, 2, ... "A", ... → NA
logical	as.logical	0 → FALSE other numbers → TRUE "FALSE", "F" → FALSE "TRUE", "T" → TRUE other characters → NA
character	as.character	1, 2, ... → "1", "2", ... FALSE → "FALSE" TRUE → "TRUE"

Funciones de probabilidad

Distribución/función	función
Gausse (normal)	rnorm(n, mean=0, sd=1)
exponencial	rexp(n, rate=1)
gamma	rgamma(n, shape, scale=1)
Poisson	rpois(n, lambda)
Weibull	rweibull(n, shape, scale=1)
Cauchy	rcauchy(n, location=0, scale=1)
beta	rbeta(n, shape1, shape2)
'Student' (t)	rt(n, df)
Fisher-Snedecor (F)	rf(n, df1, df2)
Pearson (χ^2)	rchisq(n, df)
binomial	rbinom(n, size, prob)
geométrica	rgeom(n, prob)
hypergeométrica	rhyper(nn, m, n, k)
logística	rlogis(n, location=0, scale=1)
lognormal	rlnorm(n, meanlog=0, sdlog=1)
binomial negativa	rnbinom(n, size, prob)
uniforme	runif(n, min=0, max=1)
Estadístico de Wilcoxon's	rwilcox(nn, m, n), rsignrank(nn, n)

Operadores en R

Arithmetic		Operators		Logical	
		Comparison			
+	addition	<	lesser than	! x	logical NOT
-	subtraction	>	greater than	x & y	logical AND
*	multiplication	<=	lesser than or equal to	x && y	id.
/	division	>=	greater than or equal to	x y	logical OR
^	power	==	equal	x y	id.
%%	modulo	!=	different	xor(x, y)	exclusive OR
%%/	integer division				

plot(x)	plot of the values of x (on the y -axis) ordered on the x -axis
plot(x, y)	bivariate plot of x (on the x -axis) and y (on the y -axis)
sunflowerplot(x, y)	id. but the points with similar coordinates are drawn as a flower which petal number represents the number of points
pie(x)	circular pie-chart
boxplot(x)	"box-and-whiskers" plot
stripchart(x)	plot of the values of x on a line (an alternative to boxplot() for small sample sizes)
coplot(x~y z)	bivariate plot of x and y for each value (or interval of values) of z
interaction.plot(f1, f2, y)	if $f1$ and $f2$ are factors, plots the means of y (on the y -axis) with respect to the values of $f1$ (on the x -axis) and of $f2$ (different curves); the option fun allows to choose the summary statistic of y (by default fun=mean)
matplot(x,y)	bivariate plot of the first column of x vs. the first one of y , the second one of x vs. the second one of y , etc.
dotchart(x)	if x is a data frame, plots a Cleveland dot plot (stacked plots line-by-line and column-by-column)
fourfoldplot(x)	visualizes, with quarters of circles, the association between two dichotomous variables for different populations (x must be an array with dim=c(2, 2, k), or a matrix with dim=c(2, 2) if $k = 1$)
assocplot(x)	Cohen-Friendly graph showing the deviations from independence of rows and columns in a two dimensional contingency table
mosaicplot(x)	'mosaic' graph of the residuals from a log-linear regression of a contingency table
pairs(x)	if x is a matrix or a data frame, draws all possible bivariate plots between the columns of x
plot.ts(x)	if x is an object of class "ts", plot of x with respect to time, x may be multivariate but the series must have the same frequency and dates
ts.plot(x)	id. but if x is multivariate the series may have different dates and must have the same frequency
hist(x)	histogram of the frequencies of x
barplot(x)	histogram of the values of x
qqnorm(x)	quantiles of x with respect to the values expected under a normal law
qqplot(x, y)	quantiles of y with respect to the quantiles of x
contour(x, y, z)	contour plot (data are interpolated to draw the curves), x and y must be vectors and z must be a matrix so that dim(z)=c(length(x), length(y)) (x and y may be omitted)
filled.contour(x, y, z)	id. but the areas between the contours are coloured, and a legend of the colours is drawn as well
image(x, y, z)	id. but the actual data are represented with colours
persp(x, y, z)	id. but in perspective
stars(x)	if x is a matrix or a data frame, draws a graph with segments or a star where each row of x is represented by a star and the columns are the lengths of the segments
symbols(x, y, ...)	draws, at the coordinates given by x and y , symbols (circles, squares, rectangles, stars, thermometres or "boxplots") which sizes, colours, etc, are specified by supplementary arguments
termplot(mod.obj)	plot of the (partial) effects of a regression model (mod.obj)

Ploteando gráficos

add=FALSE if TRUE superposes the plot on the previous one (if it exists)

axes=TRUE if FALSE does not draw the axes and the box

type="p" species the type of plot, "p": points, "l": lines, "b": points connected by lines, "o": id. but the lines are over the points, "h": vertical lines, "s": steps, the data are represented by the top of the vertical lines, "S": id. But the data are represented by the bottom of the vertical lines

xlim=, ylim= species the lower and upper limits of the axes, for example
with xlim=c(1, 10) or xlim=range(x)

xlab=, ylab= annotates the axes, must be variables of mode character

main= main title, must be a variable of mode character

sub= sub-title (written in a smaller font)

RStudio Desktop 1.4

<https://rstudio.com/products/rstudio/download/#download>



Entorno de desarrollo integrado para el lenguaje de programación R

The screenshot shows the RStudio Desktop 1.4 interface with several red boxes highlighting key components:

- Editor de código** and **Consola de scripts**: A red box highlights the source editor on the left, which contains R code for extracting data from a CMIP5 file and plotting it.
- Area de objetos e historial**: A red box highlights the Environment pane on the right, which lists objects in the global environment, including 'vale', 'Variab', 'Variab_v', 'Variables', 'VPPgis', 'VPPMonth', 'xorig', 'XParameter', and 'xy'.
- Figuras y archivos**: A red box highlights the Plots pane at the bottom right, which displays a time series plot of 'Tmin (°C/d)' from 2005 to 2030.
- Consola R** and **Consola de resultados**: A red box highlights the Console pane at the bottom left, which shows the output of the R code, including the creation of a data frame and the execution of a plot.

A. Comandos y códigos en el entorno Rstudio

Ejercicio A.1

En la **consola de resultados**, efectuar las siguientes operaciones:

- 1) $3^2 - 5 * 9 * (25 - 18)$
- 2) Crear una serie consecutiva del 1 al 8
- 3) Crear una serie consecutiva de 8 letras comenzando por "a"
- 4) Asignar la operación $8 * 5^2$ al objeto *value*
- 5) Visualizar el objeto *value* creado
- 6) Crear el objeto *p*, almacenando una secuencia desde 5 hasta 15 de 2 en 2
- 7) Visualizar *p*
- 8) Almacenar los siguientes valores de lluvia anual (mm/año) de diferentes estaciones pluviométricas en una cuenca hidrográfica: 200, 210.2, 490, 100.5, 150.1, 190, 310 y 200.2 en el objeto *rain*.
- 9) Visualizar *rain*
- 10) Obtener el 5to elemento de *rain*
- 11) Almacenar los siguientes valores de Elevación (msnm) : 3200, 3500, 4500, 3050, 3100, 2800, 3800, 3500 en el objeto *elev*.
- 12) Visualizar *elev*.

Respuestas A.1

```
> 3^2-5*9*(25-18)
[1] -306
> 1:8
[1] 1 2 3 4 5 6 7 8
> letters[1:8]
[1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h"
> value<-8*5^2 #Asignamos una operación al objeto value
> value #Escribimos el objeto "value"
[1] 200
> p<-seq(from=5, to=15, by=2) #secuencia desde 5 hasta 15 de 2 en 2
> print (p)
> rain<-c(200, 210.2, 490, 100.5, 150.1, 190, 310, 200.2) #Uso de función
c(combine) asignar datos al objeto rain
> rain #Escribimos el objeto "rain"
[1] 200 210.2 490 100.5 150.1 190 310 200.2
> rain[5] #Obtenemos el 5to elemento del objeto rain
[1] 150.1
> elev<-c(3200, 3500, 4500, 3050, 3100, 2800, 3800, 3500) # Ejemplo de
valores de elevaciones
> elev #Escribimos el objeto "elev"
[1] 3200 3500 4500 3050 3100 2800 3800 3500
```

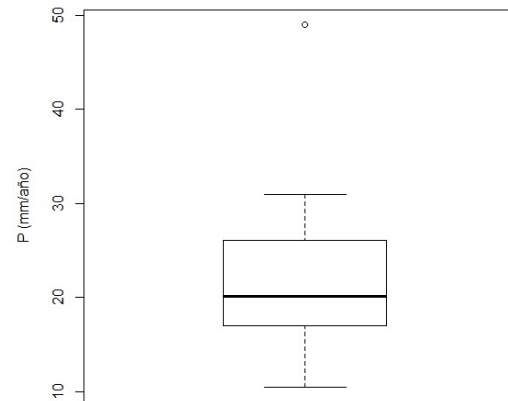
Ejercicio A.2

En la **consola de resultados**, efectuar las siguientes operaciones:

- 1) Obtener la media, mediana, desviación estándar, varianza del objeto rain (del ejercicio A.1)
- 2) Visualizar un resumen de los estadísticos notables
- 3) Plotear un diagrama de cajas con los valores del objeto rain.
interpretar
- 4) Plotear lo anterior con una etiqueta en el eje vertical indicando: P
(mm/año)

Respuestas A.2

```
> mean(rain)
[1] 23.25
> median(rain)
[1] 20.1
> sd(rain)
[1] 11.91781
> var(rain)
[1] 142.0343
> summary(rain)
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 10.50  18.02   20.10   23.25  23.65   49.00
> boxplot(rain) #Grafico de cajas
> boxplot(rain, ylab="P (mm/año)") #Grafico de cajas y etiqueta
```



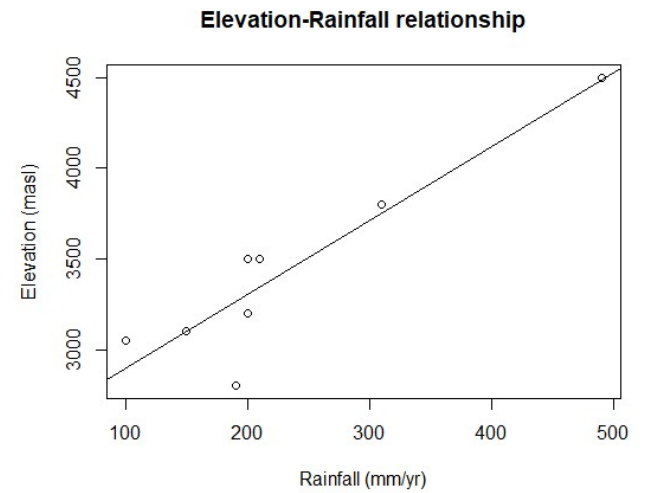
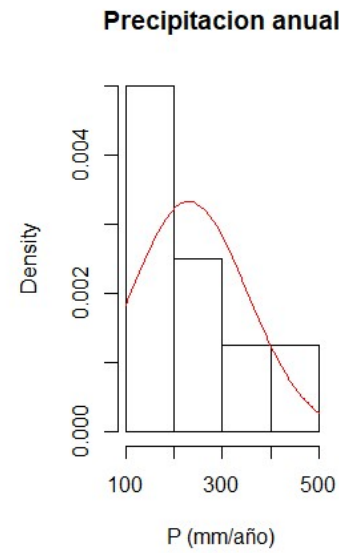
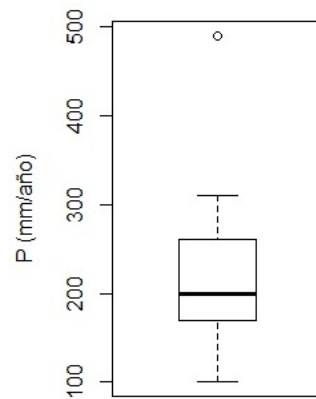
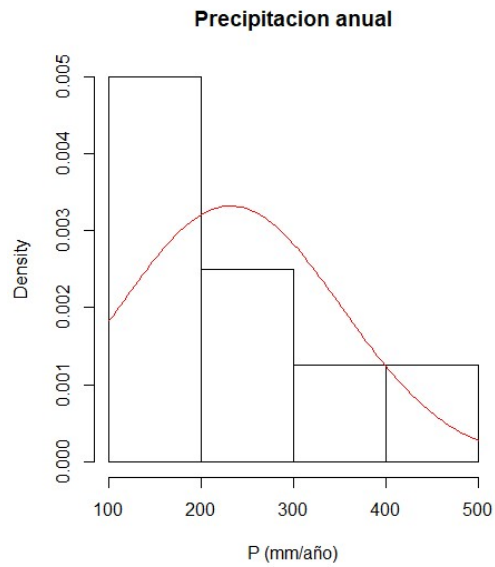
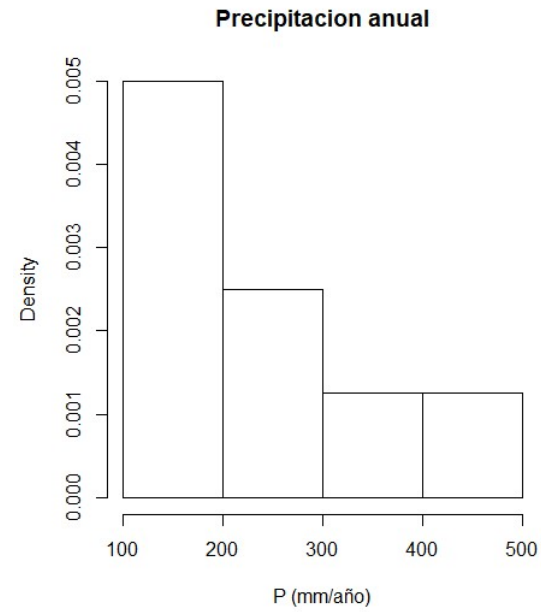
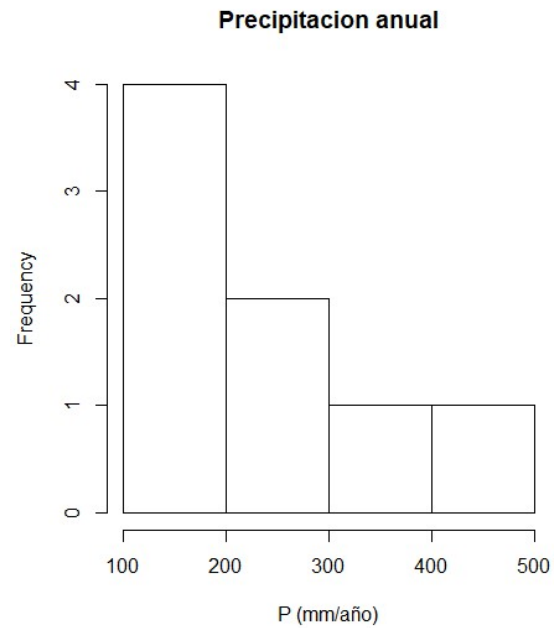
Ejercicio A.3

En la **consola de resultados**, efectuar las siguientes operaciones:

- 1) Plotear un histograma de frecuencias para rain, empleando la frecuencia
- 2) Plotear un histograma de frecuencias para rain, empleando la densidad
- 3) Agregar al histograma una curva de distribución normal en color rojo con la media y desviación estimados anteriormente
- 4) Agregar en un solo grafico (1filas x 2 columnas), el grafico de cajas anterior y el histograma
- 5) Separar los gráficos anteriores
- 6) Calcular la covarianza entre la lluvia y las elevaciones
- 7) Calcular el coeficiente de correlación entre la lluvia y las elevaciones
- 8) Calcular la ecuación de regresión lineal entre la lluvia y la elevación
- 9) Plotear un grafico de dispersión entre la lluvia y la elevación
- 10) Agregar la línea de tendencia al grafico anterior.

Respuestas A.3

```
> hist(rain, main="Precipitacion anual", xlab="P (mm/año)", freq=F) # Grafico de
histograma, F(False) no usar frecuencia
> curve(dnorm(x, mean(rain, na.rm = T), sd(rain, na.rm = T)), add = TRUE, col="red") #
Agregar curva distribucion r normal en color rojo
> split.screen(c(1,2)) #usar este comando para ordenar el espacio de figuras, aquí 2
figuras en una fila
> screen(2) #usar este comando antes de plotear la segunda figura
> close.screen(all=TRUE) # comando para regresar a las condiciones iniciales de una
figura por ventana
> cov(rain,elev) #covarianza
[1] 58855.89
> cor(rain,elev) #coeficiente de correlación r
[1] 0.9182557
> lm(elev ~ rain) #ecuación de regresión lineal
Call:
lm(formula = elev ~ rain)
Coefficients:
(Intercept)      rain
  2486.688      4.082
> plot(rain,elev,main="Elevation-Rainfall relationship",xlab="Rainfall (mm/yr)",
ylab="Elevation (masl)")
> abline(lm(elev~rain))
```



3. Análisis exploratorio de datos



read.table(file, header = FALSE, sep = "", quote = "\"", dec = ".", row.names, col.names, as.is = FALSE, na.strings = "NA", colClasses = NA, nrows = -1, skip = 0, check.names = TRUE, fill = !blank.lines.skip, strip.white = FALSE, blank.lines.skip = TRUE, comment.char = "#")

read.csv(file, header = TRUE, sep = ",", quote="\"", dec=".", fill = TRUE, ...)

Leyendo archivos, bases de datos

file	the name of the file (within "" or a variable of mode character), possibly with its path (the symbol \ is not allowed and must be replaced by /, even under Windows), or a remote access to a file of type URL (http://...)
header	a logical (FALSE or TRUE) indicating if the file contains the names of the variables on its first line
sep	the field separator used in the file, for instance <code>sep="\t"</code> if it is a tabulation
quote	the characters used to cite the variables of mode character
dec	the character used for the decimal point
row.names	a vector with the names of the lines which can be either a vector of mode character, or the number (or the name) of a variable of the file (by default: 1, 2, 3, ...)
col.names	a vector with the names of the variables (by default: V1, V2, V3, ...)
as.is	controls the conversion of character variables as factors (if FALSE) or keeps them as characters (TRUE); as.is can be a logical, numeric or character vector specifying the variables to be kept as character
na.strings	the value given to missing data (converted as NA)
colClasses	a vector of mode character giving the classes to attribute to the columns
nrows	the maximum number of lines to read (negative values are ignored)
skip	the number of lines to be skipped before reading the data
check.names	if TRUE, checks that the variable names are valid for R
fill	if TRUE and all lines do not have the same number of variables, "blanks" are added
strip.white	(conditional to sep) if TRUE, deletes extra spaces before and after the character variables
blank.lines.skip	if TRUE, ignores "blank" lines
comment.char	a character defining comments in the data file, the rest of the line after this character is ignored (to disable this argument, use <code>comment.char = ""</code>)

Configurando Series de tiempo

`ts(data = NA, start = 1, end = numeric(0), frequency = 1, deltat = 1, ts.eps =
getOption("ts.eps"), class, names)`

<code>data</code>	a vector or a matrix
<code>start</code>	the time of the rst observation, either a number, or a vector of two integers (see the examples below)
<code>end</code>	the time of the last observation specied in the same way than <code>start</code>
<code>frequency</code>	the number of observations per time unit
<code>deltat</code>	the fraction of the sampling period between successive observations (ex. 1/12 for monthly data); only one of <code>frequency</code> or <code>deltat</code> must be given
<code>ts.eps</code>	tolerance for the comparison of series. The frequencies are considered equal if their dierence is less than <code>ts.eps</code>
<code>class</code>	class to give to the object; the default is "ts" for a single series, and <code>c("mts", "ts")</code> for a multivariate series
<code>names</code>	a vector of mode character with the names of the individual series in the case of a multivariate series; by default the names of the columns of data, or Series 1, Series 2, . . .

Zoo y xts

Z's Ordered Observations

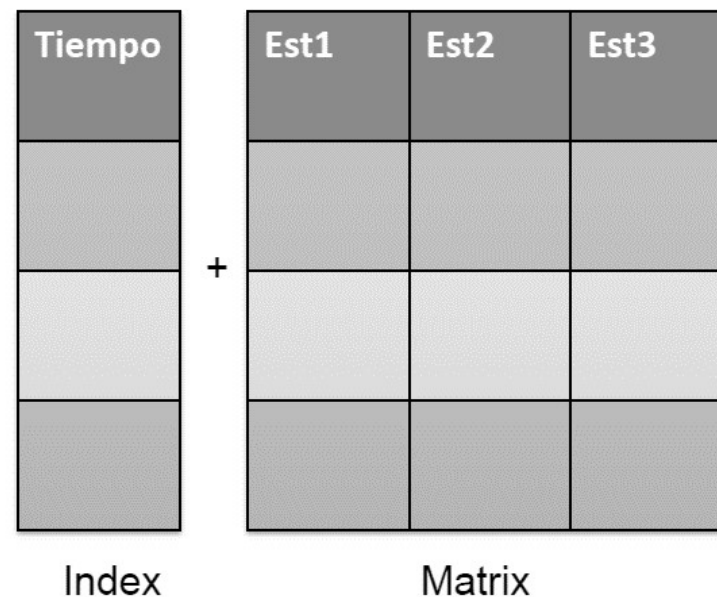
```
zoo(x = NULL, order.by = index(x), frequency = NULL, calendar =  
getOption("zoo.calendar", TRUE))
```

```
# S3 method for zoo
```

```
print(x, style = , quote = FALSE, ...)
```

```
xts(x = NULL, order.by = index(x), frequency = NULL, unique = TRUE, tzone =  
Sys.getenv("TZ"), ...)
```

```
is.xts(x)
```



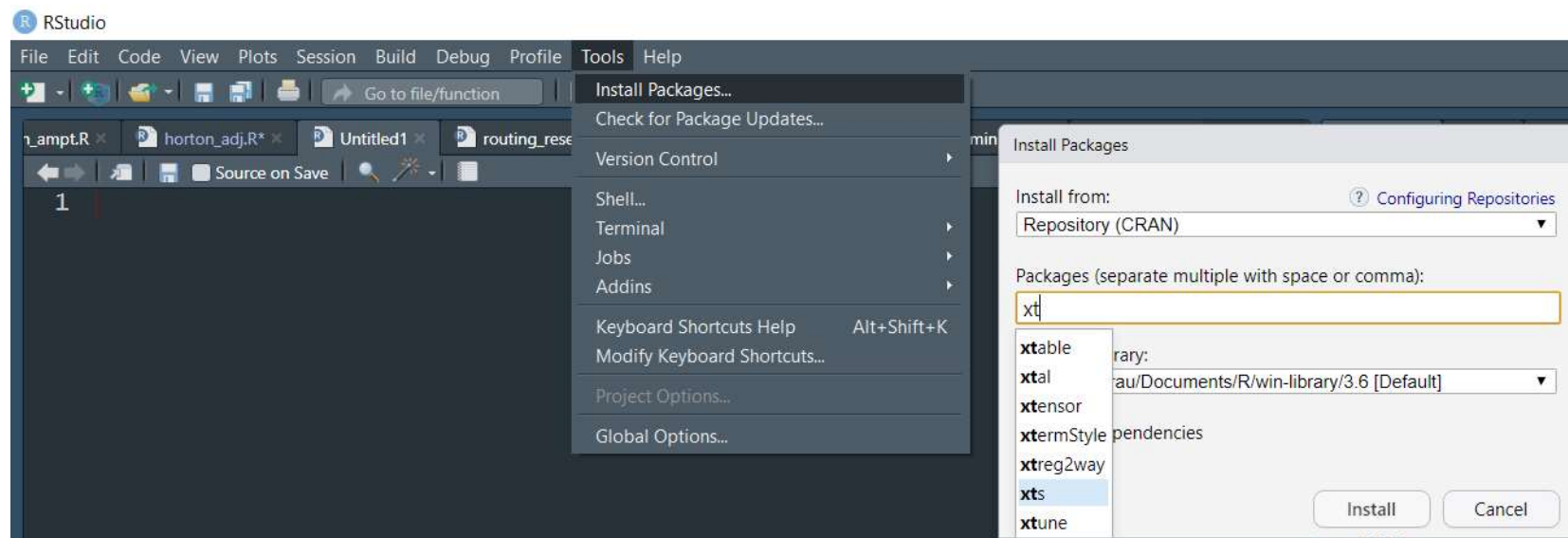
B. Explorando datos de precipitación diaria de varias estaciones almacenados en una matriz

Uso de las librerías: xts, lattice, ggplot2, visdat

- Instalar librerías TOOLS - INSTALL PACKAGES: ***xts***, ***lattice***, ***ggplot2***, ***visdat***
- Descargar archivo "p_diarias.csv"

https://raw.githubusercontent.com/hydrocodes/hidRologia_corto/master/p_diarias.csv

- Revisión de archivo csv (separados por comas con formato de fecha %Y-%m-%d)



Ejercicio C

En la consola de scripts, crear un código que realice lo siguiente:

- 1) Leer el archivo de precipitaciones diarias "p_diarias.csv" almacenados en formato matriz con 4 estaciones (identificadores 101, 102, 103, 104) desde el 1Ene2005 al 31Dic2014
- 2) Plotear las series de tiempo para cada estación usando el Rbase, lattice y ggplot.
- 3) Plotear las series de tiempo en conjunto con la misma escala vertical
- 4) Plotear un boxplot de las estaciones en conjunto
- 5) Plotear 3 histogramas correspondientes a 3 estaciones
- 6) Visualizar un diagrama de calor de datos faltantes de todas las estaciones

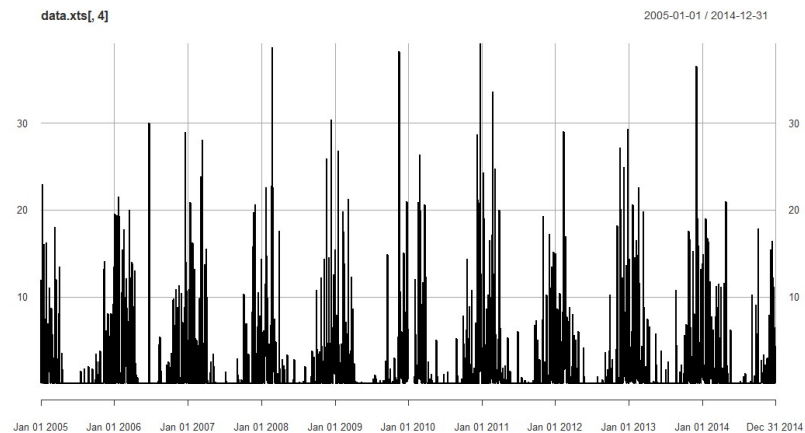
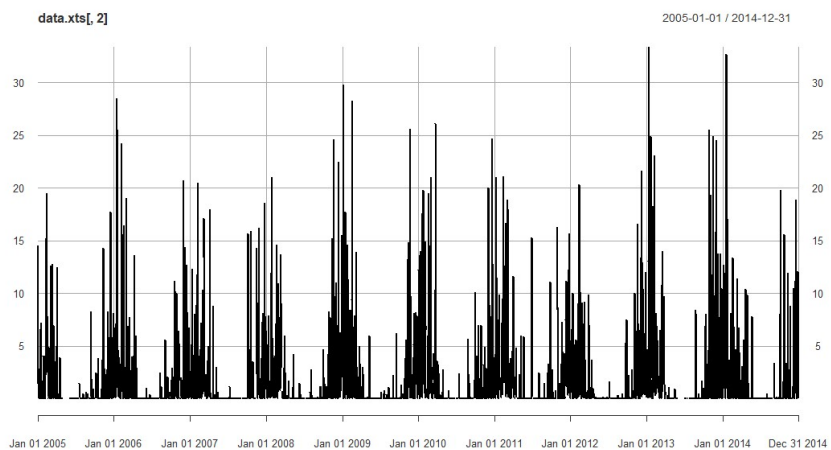
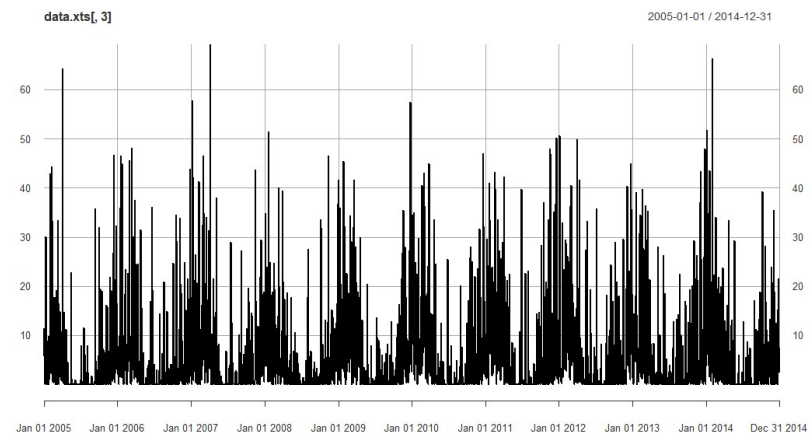
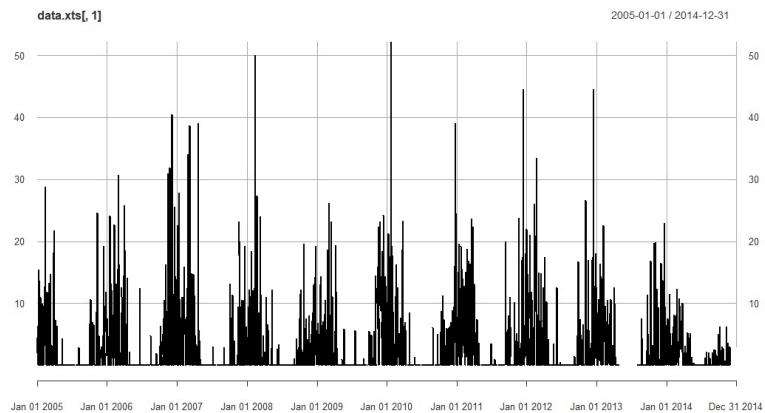
Respuestas C

```
library(xts)
library(lattice)
library(ggplot2)
pdiaria <- read.csv(file.choose(),header=TRUE, check.names = F, stringsAsFactors = F)
str(pdiaria) #para ver la estructura del objeto
idx <- as.Date(pdiaria[,1]) #formato fecha a la 1era columna
data.matrix <- pdiaria[,-1] #formato matriz al resto de columnas a excepcion de la 1era columna
data.xts <- xts(data.matrix, order.by = idx ) #crear un objeto xts (eXtended time series)
str(data.xts)
plot(data.xts)
plot(data.matrix[,1], type="l")
plot(data.xts[,2])

# convertir a un objeto zoo
data.zoo <- as.zoo(data.xts)
str(data.zoo)
plot(data.zoo, main = "Series de tiempo de precipitación")
summary(data.zoo)
max(data.zoo, na.rm = T)
plot(data.zoo, main = "Series de tiempo de precipitación", ylim = c(0,80))

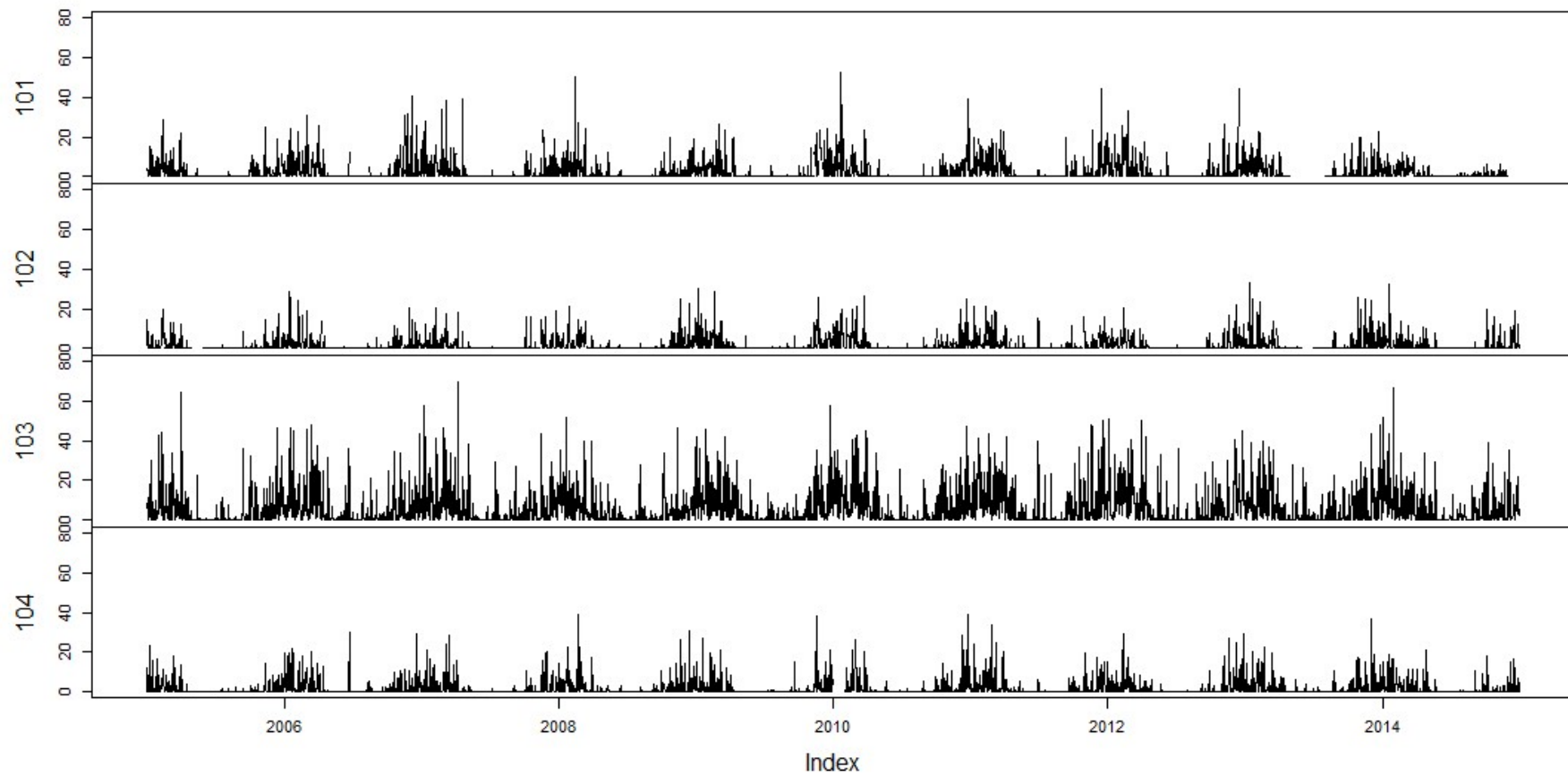
xyplot(data.xts, xlab = "Fecha",ylab = "Precipitación [mm/dia]",ylim=c(0,100))
ggplot(data=pdiaria, aes(x=as.Date(fecha), y=pdiaria$'101')) + geom_line() +theme_bw()+xlab('Fecha') +
ylab('Precipitación [mm/dia]')
autoplot(data.xts[,1:2]) +theme_bw()+xlab('Fecha') + ylab('Precipitación [mm/dia]')
boxplot(coredata(data.xts))
hist(coredata(data.xts[,1]), freq = T)# cantidad de datos por clase
histogram(coredata(data.xts[,1]))# porcentaje de datos por clase

# Heatmap de valores faltantes
library(visdat)
vis_miss(pdiaria, sort_miss = TRUE)
```

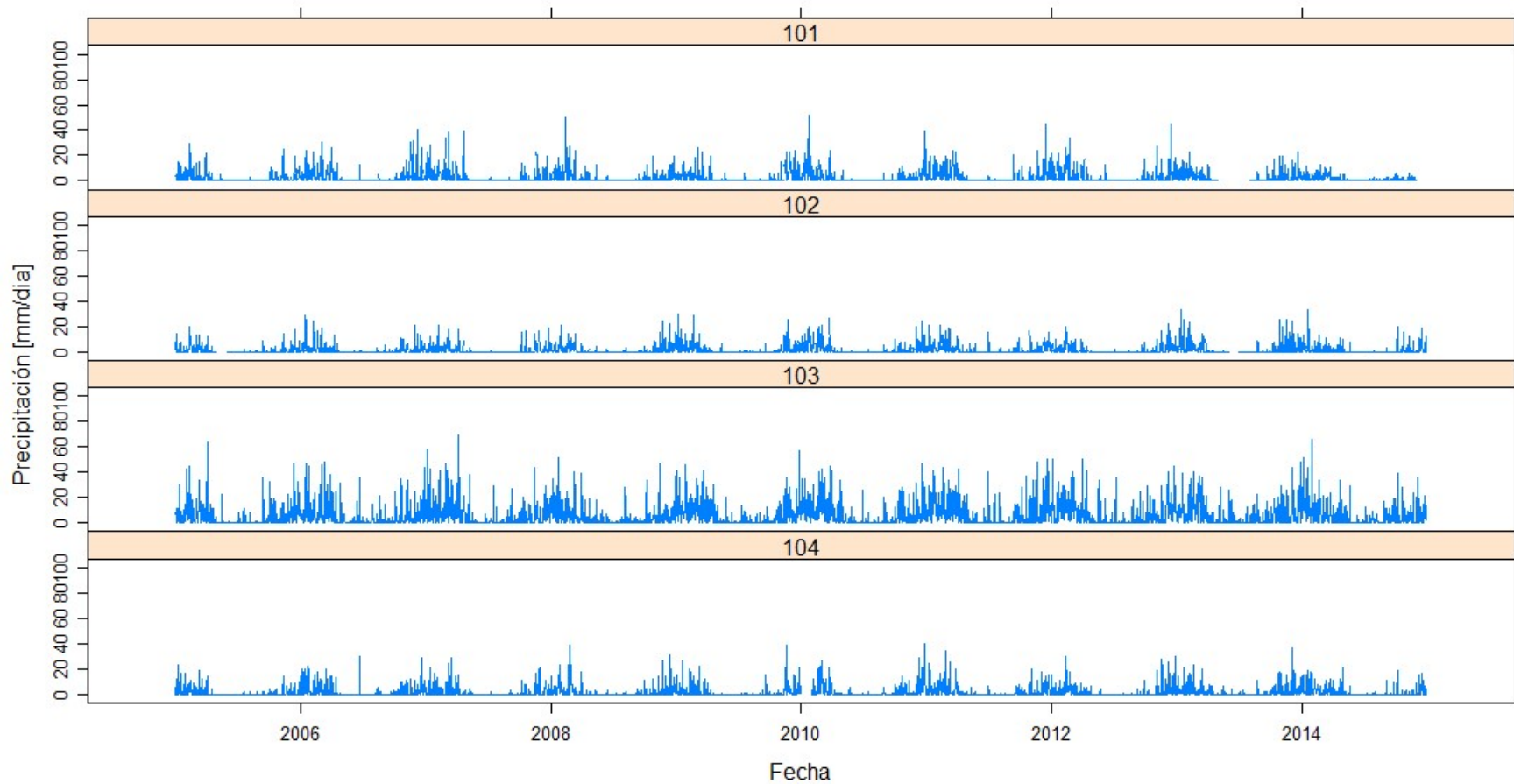



Ploteo simple

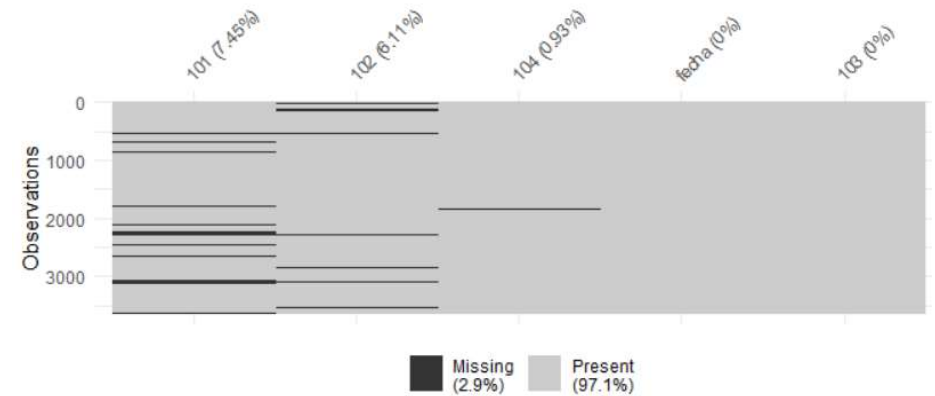
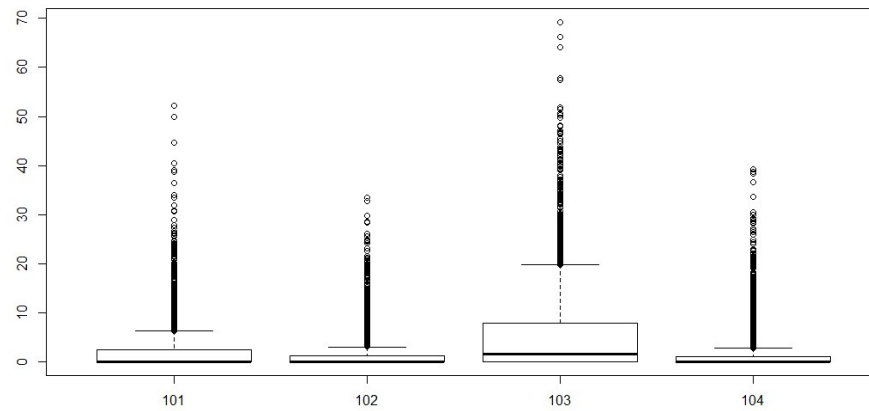
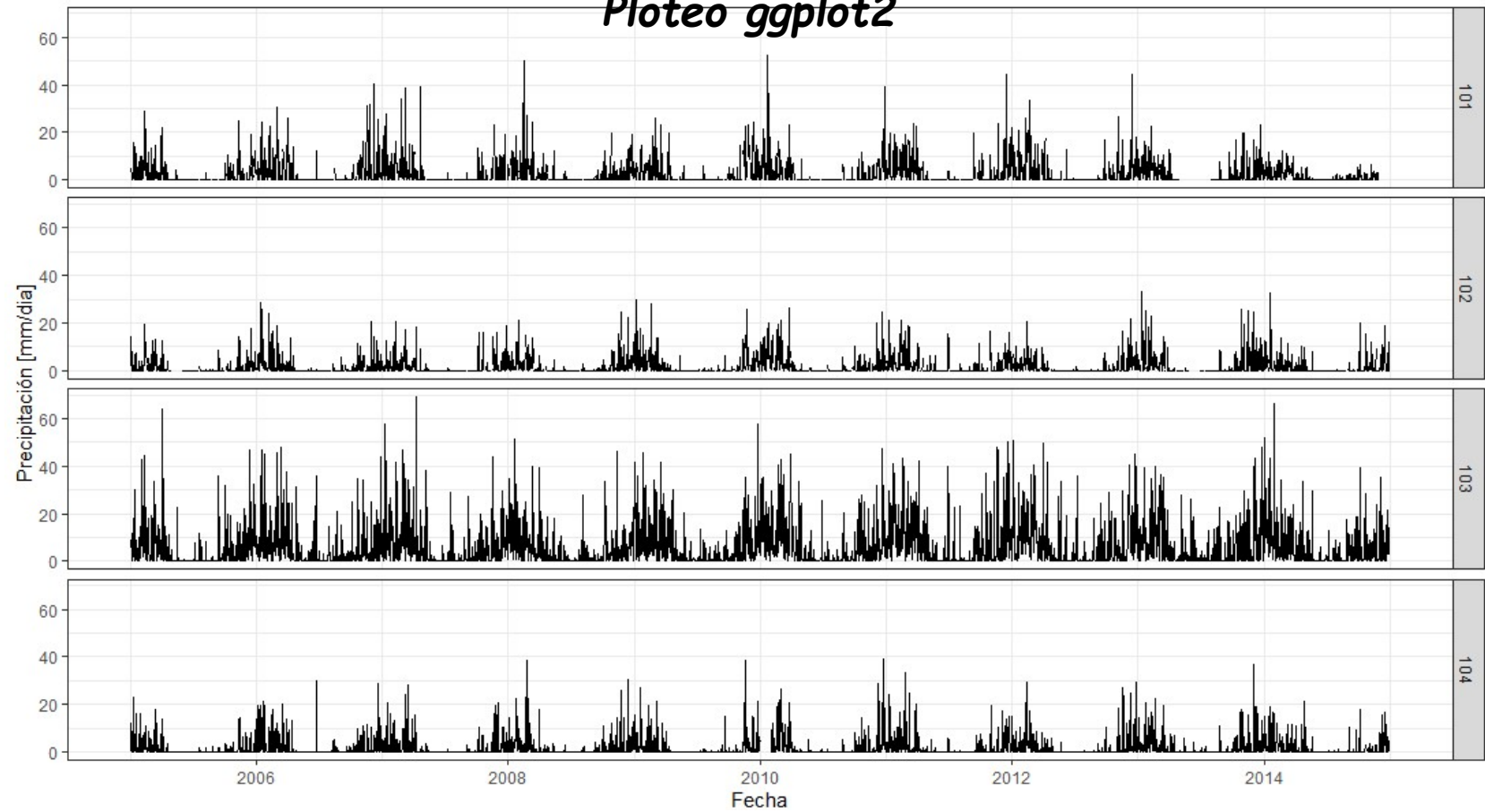
Series de tiempo de precipitación



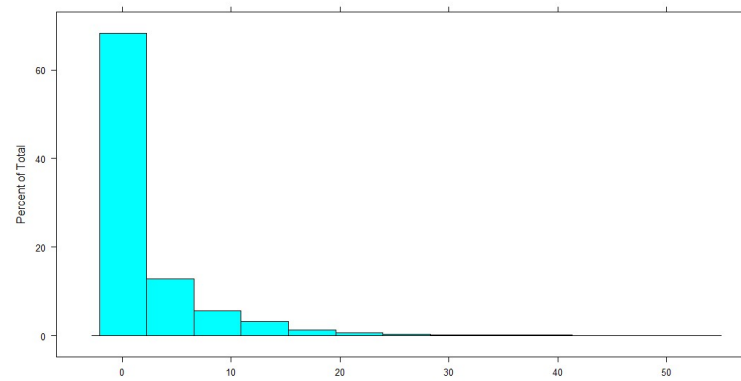
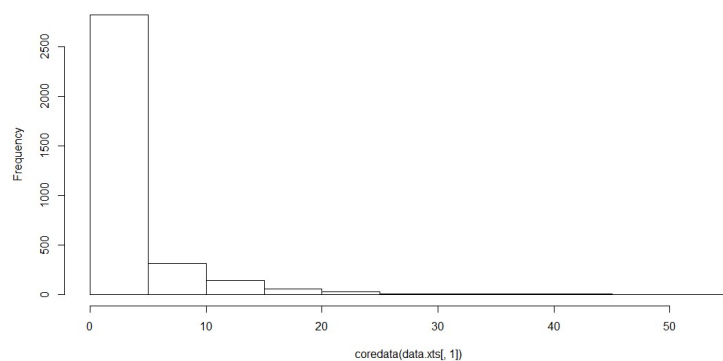
Ploteo lattice



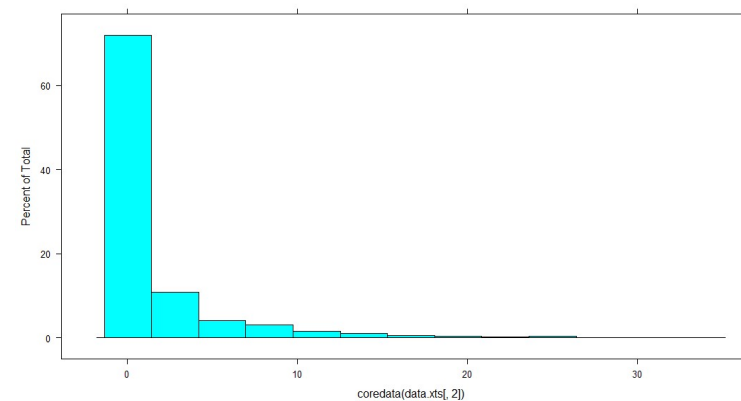
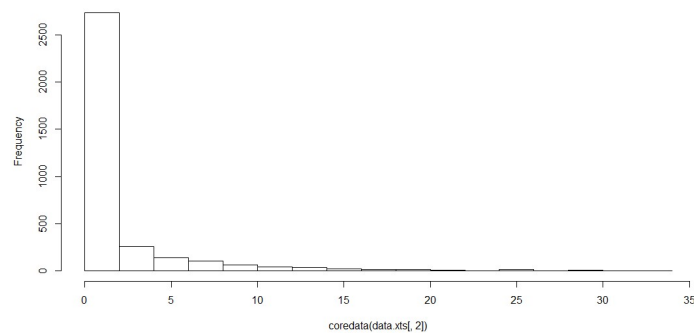
Ploteo ggplot2



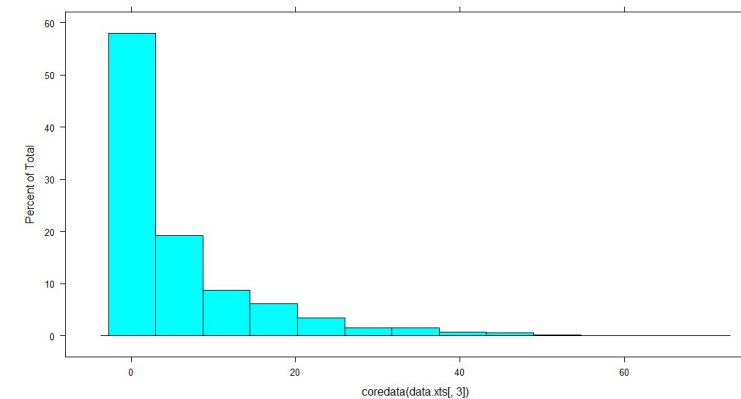
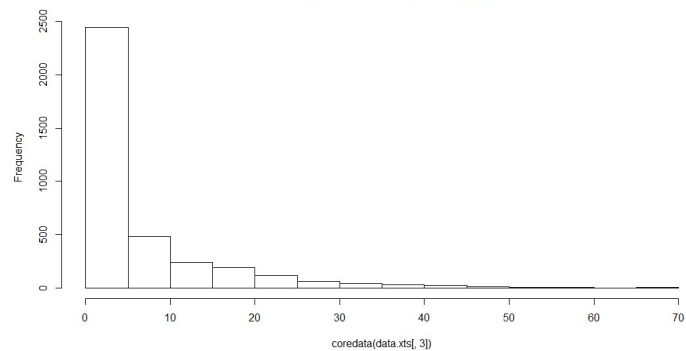
Histogram of coredata(data.xts[, 1])



Histogram of coredata(data.xts[, 2])



Histogram of coredata(data.xts[, 3])



4. Introducción a la hidrología en la nube

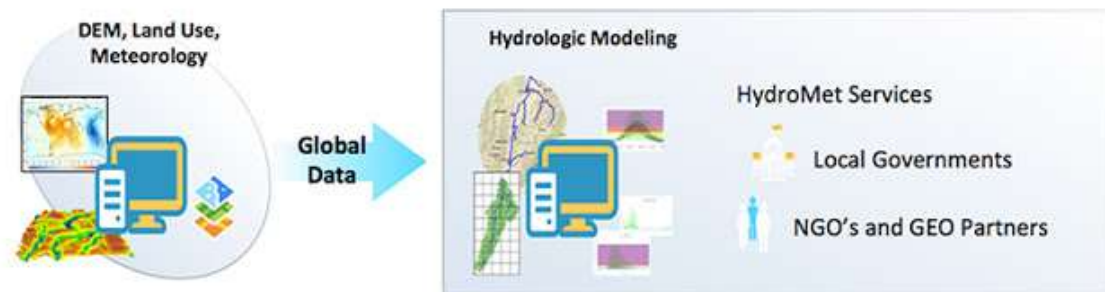


El *cloud computing* o la *computación desde la nube*.

Si bien, la hidroinformática es la especialidad que se encarga de los sistemas de información y comunicaciones aplicados a la gestión y manejo del agua, esta nueva forma de prestación de servicios en tecnología, viene complementandola en el manejo del bigdata en hidrología. Cuestión de imaginar al **Software**, a la **Plataforma** y a la **Infraestructura** como un servicio (SaaS, Paas, IaaS) y no como algo propio. De esta forma es posible incluso administrar grandes cantidades de información desde un celular con una buena conexión a internet.



Traditional Approach – Individual Hydrologic Forecasting



Hydrologic Modeling as a Service (HMaaS) Approach – Global Hydrologic Forecasting



Souffront et al, 2019

Construyendo una **Curva de duración de caudales**

- Ordenar los caudales de **mayor a menor**,
- Asignar rangos consecutivos desde 1 para el caudal superior, hasta "m" para el caudal inferior.
- Calcular la probabilidad de **excedencia** o de **exceso**.

Calcular el **caudal** en función de su % de exceso o "frecuencia de su ocurrencia" o nivel de persistencia.

La Probabilidad de Excedencia %

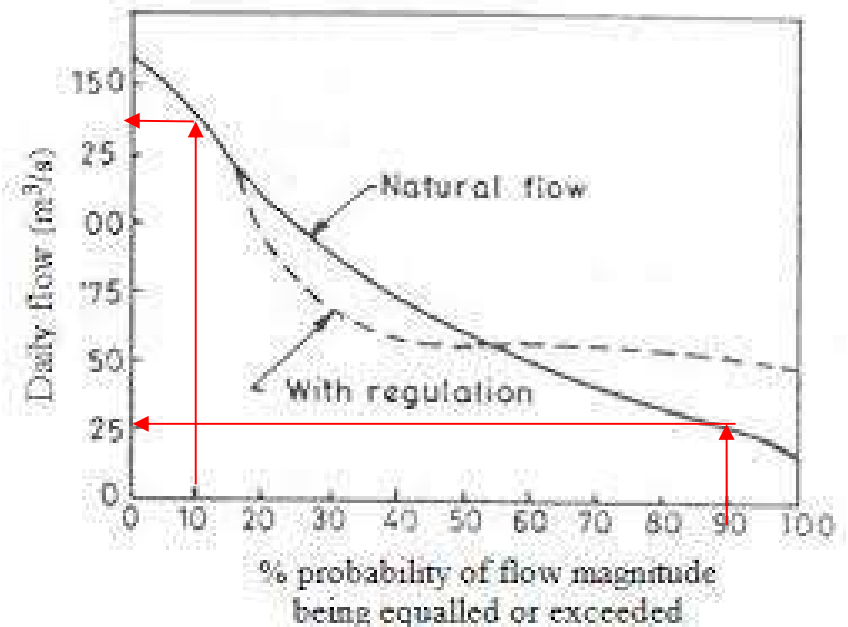
$$P = 100 * \frac{m}{n + 1}$$

m: rango de los caudales desde el más alto al más bajo.

n: número total de datos.



Represa Anticoto - Marca III



Q10%: Caudal de aguas altas

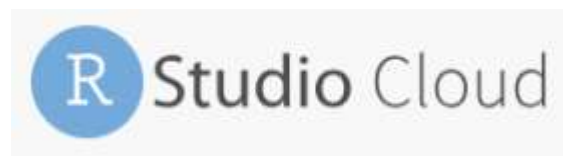
Q90%: Caudal de aguas bajas

D. Trabajando desde GitHub y RstudioCloud

- <https://rstudio.cloud/>
- Instalar la librería RCurl
- Leer archivo desde GitHub



GitHub

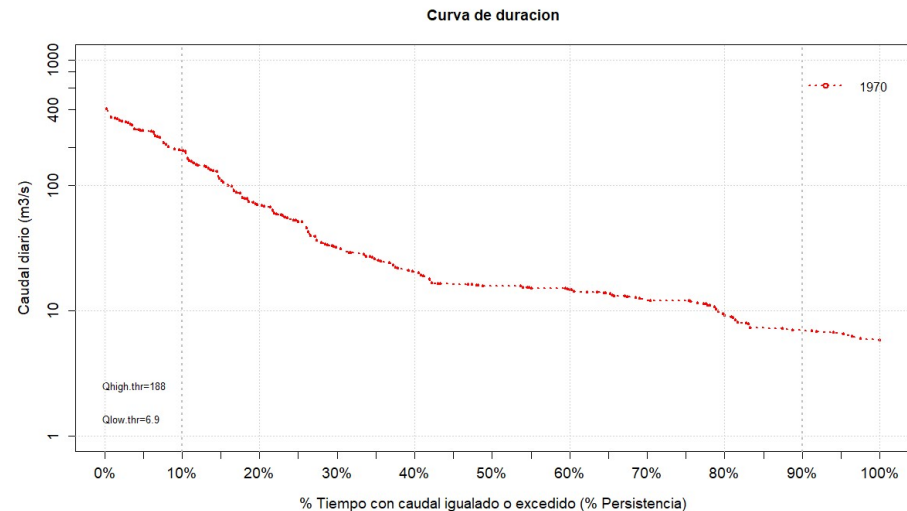


Ejercicio D: Generando una curva de duración

- 1) Crearse una cuenta en <https://github.com/>
- 2) Cerrar el R y Rstudio, ahora se trabajará únicamente en un entorno cloud. Abrir el RstudioCloud
- 3) Leer el archivo de caudales almacenado en github: caudales.csv
https://raw.githubusercontent.com/hydrocodes/hidRologia_corto/master/caudales.csv
- 4) Generar la curva de duración y estimar el caudal al 10% y 90% de persistencia

Respuestas D

```
#### Curva de duracion de caudales con datos online
#### https://github.com/hydrocodes
rm(list = ls())
dev.off()
library(waterData)
library(hydroTSM)
library(RCurl)
p<-getURL("https://raw.githubusercontent.com/hydrocodes/hidRologia_corto/master/caudales.csv")
datos<-read.csv(text = p)
qdiario <- datos$Qd_m3s
fdc(qdiario,
  lQ.thr=0.9, hQ.thr=0.1,
  plot=TRUE, log="y",
  main= "Curva de duracion",
  xlab="% Tiempo con caudal igualado o excedido (% Persistencia)",
  ylab="Caudal diario (m3/s)",
  ylim=c(1,1000),
  yat=c(0.1, 1, 10, 100, 1000),
  col="red", pch=21, lwd=2,
  lty=3, cex=0.4,
  cex.axis=1.2, cex.lab=1.2, leg.txt="1970",
  leg.cex=1, leg.pos="topright",
  verbose=TRUE,
  thr.shw=TRUE,
  new=T)
grid(nx = NULL, ny = NULL,
  col = "lightgray", lty = 21, lwd=0.5,
  equilog = TRUE)
```



Referencias

Chow V, Maidment D, Mays L. 1994. Hidrologia Aplicada. McGraw-Hill.

Ihaka R. & Gentleman R. 1996. R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5: 299-314.

Naghetini M. 2017. *Fundamentals of Statistical Hydrology*. Springer.

Paradis E. 2002. R for beginners. Institut de Sciences de l'evolution. Université de Montpellier. France

Rau P, Bourrel L, Labat D, et al. 2017. Regionalization of rainfall over the Peruvian Pacific slope and coast. *International Journal of Climatology* 37(1):143-158.

RStudio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA

Slater L, Thirel G, Harrigan S et al. 2019. Using R in hydrology: a review of recent developments and future directions. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 23, 2939-2963

Souffront Alcantara MA, Nelson EJ, Shakya K, Edwards C, Roberts W, Krewson C, Ames DP, Jones NL and Gutierrez A (2019) Hydrologic Modeling as a Service (HMaaS): A New Approach to Address Hydroinformatic Challenges in Developing Countries. *Front. Environ. Sci.* 7:158. doi: 10.3389/fenvs.2019.00158