Aprender R: iniciación y perfeccionamiento

François Rebaudo

2018-11-08

Contents

Chapter 1

Preámbulo

Este libro está incompleto por el momento y está viendo su versión preliminar. Muchos capítulos ya están en línea, así que no dude en consultarlos y comenzar su iniciación o su perfeccionamiento en el lenguaje de programación R.

Si tiene algún comentario, sugerencia o si identifica errores, no dude en enviarme un correo electrónico (`francois.rebaudo@ird.fr`[1]), o si está familiarizado con GitHub en el sitio web del proyecto (`https://github.com/frareb/myRBook_SP`). Este libro es colaborativo, se basa en su participación.

Este libro también está disponible en francés (`http://myrbookfr.netlify.com/`)

Últimas modificaciones:

08/11/2018

- algorítmico (5/6) `next` y `break`
- algorítmico (6/6) Los bucles de la familia `apply`

19/10/2018

- algorítmico (3/6) el bucle `for`
- algorítmico (4/6) el bucle `while`
- algorítmico (4'/6) el bucle `repeat`

28/09/2018

- algorítmico (1/6) Pruebas lógicas con `if`
- algorítmico (2/6) Pruebas lógicas con `switch`

17/09/2018

- Introducción

10/09/2018

- Importar y exportar datos (parte 2-3/3): Guardar y exportar datos

06/09/2018

- Importar y exportar datos (parte 1/3): Leer datos desde un archivo

30/08/2018

- Nuevo estudio de caso: dataloggers
- Modificaciones de Marc G. sobre el tipo de datos numeric y los entornos de desarrollo

24/08/2018

[1] `mailto:francois.rebaudo@ird.fr`

- Capítulo sobre las funciones (3/3)

27/07/2018

- Capítulo sobre las funciones (2/3)

25/07/2018

- Capítulo sobre las funciones (1/3)

17/07/2018

- edición y corrección del español (Susi L.)
- tercera parte del capítulo *Contenedores de datos*: El contenedor *data.frame*
- cuarta parte del capítulo *Contenedores de datos*: El contenedor *matrix*
- quinta parte del capítulo *Contenedores de datos*: El contenedor *array*

16/07/2018

- edición y corrección del español (Estefanía Q.)

12/07/2018

- segunda parte del capítulo *Contenedores de datos*: El contenedor *list*

06/07/2018

- edición y corrección del español (Camila B.)
- primera parte del capítulo *Contenedores de datos*: El contenedor *vector*

04/07/2018

- tabla de contenidos con los próximos capítulos
- error de tipografía en *Elegir un entorno de desarrollo*

02/07/2018

- tres capítulos en línea (*primeros pasos*, *elegir un entorno de desarrollo*, *tipos de datos*)

Chapter 2

Agradecimientos

Agradezco a todos los colaboradores que ayudaron a mejorar este libro con sus consejos, sugerencias de cambios y correcciones (en orden alfabético):

```
## Colaboradores :
Camila Benavides Frias (Bolivia)
Marc Girondot (France ; UMR 8079 ESE)
Susi Loza Herrera (Bolivia)
Estefania Quenta Herrera (Bolivia)
```

Las versiones de gitbook, html y epub de este libro usan los iconos de fuente abierta de Font Awesome (`https://fontawesome.com`). La versión en PDF utiliza los iconos del proyecto Tango disponibles en openclipart (`https://openclipart.org/`). Este libro fue escrito con el paquete R bookdown (`https://bookdown.org/`). El código fuente está disponible en GitHub (`https://github.com/frareb/myRBook_SP`). La versión en línea se aloja y actualiza a través de Netlify (`http://netlify.com/`).

Chapter 3

Licencia

Licencia Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 España (CC BY-NC-ND 3.0 ES ; `https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/`)

Esto es un resumen inteligible para humanos (y no un sustituto) de la licencia.

Usted es libre de:

- Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.
- El licenciador no puede revocar estas libertades mientras cumpla con los términos de la licencia.

Bajo las condiciones siguientes:

- Reconocimiento — Debe reconocer adecuadamente la autoría, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios<. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de una manera que sugiera que tiene el apoyo del licenciador o lo recibe por el uso que hace.
- NoComercial — No puede utilizar el material para una finalidad comercial.
- SinObraDerivada — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no puede difundir el material modificado.
- No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que legalmente restrinjan realizar aquello que la licencia permite.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para aquellos elementos del material en el dominio público o cuando su utilización esté permitida por la aplicación de una excepción o un límite. No se dan garantías. La licencia puede no ofrecer todos los permisos necesarios para la utilización prevista. Por ejemplo, otros derechos como los de publicidad, privacidad, o los derechos morales pueden limitar el uso del material.

Chapter 4

Introducción

4.1 ¿Por qué aprender R?

Porque R se ha convertido en una herramienta esencial para el análisis y la gestión de datos científicos, y en este contexto se vuelve esencial dominar al menos los conceptos básicos. El éxito de R no es una coincidencia: R es un software que todos pueden obtener libremente garantizando la transparencia y la reproducibilidad de los resultados científicos (sujeto a cumplir con algunas reglas que abordará este libro). R también se basa en una comunidad muy activa con varios miles de módulos adicionales (paquetes) para realizar el análisis estadístico más avanzado.

4.2 Este libro

El propósito de este libro es proporcionar a los estudiantes y aquellos que deseen aprender sobre R una base sólida para luego implementar sus propios proyectos científicos y la valoración de sus resultados. Hay muchos libros dedicados a R, pero ninguno cubre los elementos básicos de este lenguaje con el fin de hacer que los resultados científicos sean publicables y reproducibles.

En general, este libro está dirigido a toda la comunidad científica y en particular a aquellos interesados en las ciencias de la vida, y los ejemplos en este libro se basarán en estudios de biología.

Este libro nació de la solicitud de los estudiantes de las universidades que colaboran con el IRD en América del Sur. Por lo tanto, su primera versión está escrita en español (hay pocos documentos de calidad en R en español). Comencé su traducción al francés en 2018 y hoy ambas versiones coevolucionan con contenido que puede variar (por ejemplo, para estudios de casos).

4.3 Lectura adicional en español

- R para Principiantes, Emmanuel Paradis (`https://cran.r-project.org/doc/contrib/rdebuts_es.pdf`)

Part I

Conceptos básicos

Chapter 5

Primeros pasos

5.1 Instalar R

El programa para instalar el software R se puede descargar desde el sitio web de R: `https://www.r-project.org/`. En el sitio web de R, primero es necesario elegir un espejo CRAN (servidor desde el cual se debe descargar R, y desde el más cercano a su ubicación geográfica), luego descargue el archivo *base*. Los usuarios de Linux pueden preferir un `sudo apt-get install r-base`.

El software R se puede descargar de muchos servidores CRAN (Comprehensive R Archive Network) de todo el mundo. Estos servidores se llaman espejos. La elección del espejo es manual.

5.2 R como calculadora

Una vez que se inicia el programa, aparece una ventana cuya apariencia puede variar dependiendo de su sistema operativo (Figura 5.1). Esta ventana se llama *consola*.

La consola corresponde a la interfaz donde se interpretará el código, es decir, donde el código será transformado en lenguaje de máquina, ejecutado por la computadora y retransmitido en forma legible por humanos. Esto es análogo a lo que sucede en una calculadora (Figura 5.2). Así es como se usará R más adelante en esta sección.

A lo largo de este libro, los ejemplos del código R aparecerán sobre un fondo gris. Se pueden copiar y pegar directamente en la consola, aunque es mejor reproducir los ejemplos escribiéndolos en la consola (o más adelante en los scripts) para una mejor comprensión del manejo del programa R. El resultado de lo que se envía en la consola también aparecerá en un fondo gris con ## delante del código para hacer la distinción entre el código y el resultado del código.

5.2.1 Los operadores aritméticos

```
5 + 5
```

```
## [1] 10
```

Si escribimos `5 + 5` en la consola y luego `Enter`, el resultado aparece precedido por el número [1] entre corchetes. Este número corresponde al número del resultado (en nuestro caso, solo hay un resultado, volveremos a este aspecto más adelante). También podemos observar en este ejemplo el uso de espacios antes y después del signo +. Estos espacios no son necesarios, pero permiten que el código sea más legible para los humanos (es decir, más agradable de leer tanto para nosotros como para

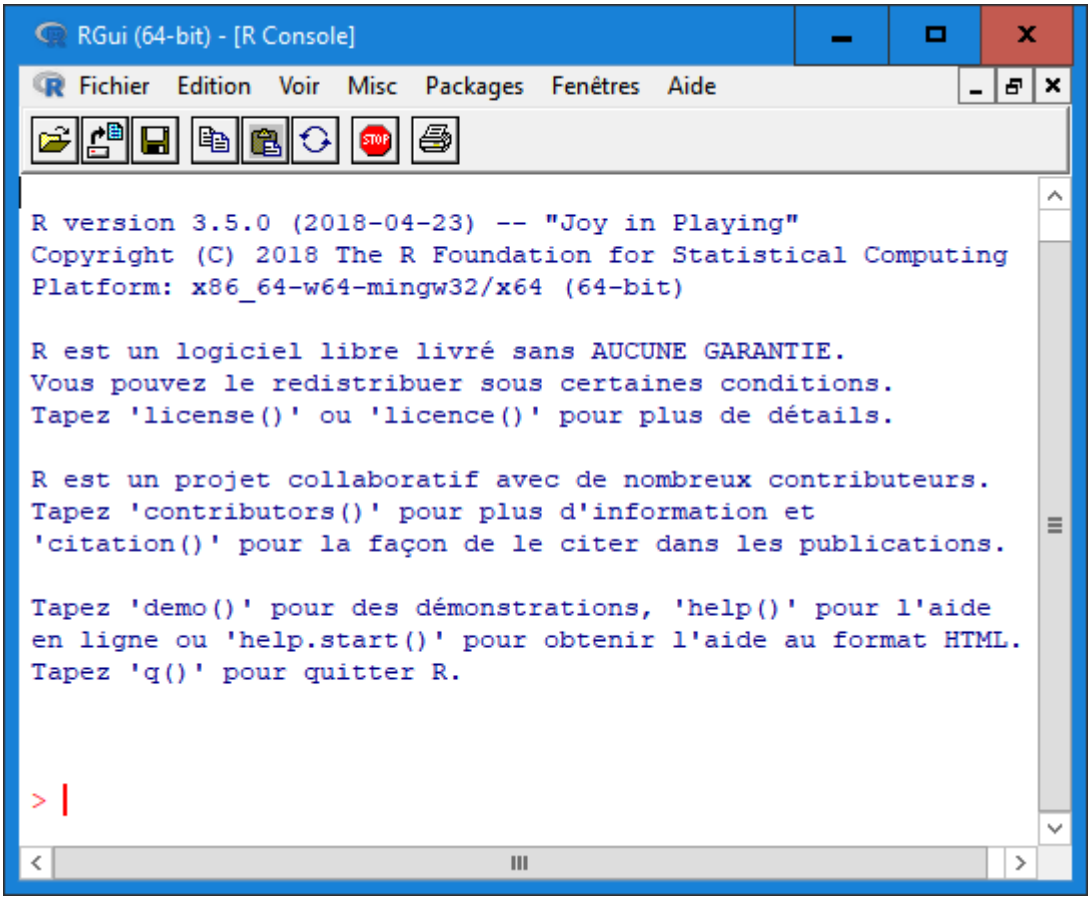


Figure 5.1: Captura de pantalla de la consola R en Windows.

Table 5.1: Operadores aritméticos.

Label	Operador
adición	+
resta	-
multiplicación	*
división	/
potencia	^
módulo	%%
cociente decimal	%/%

las personas con las que queremos compartir nuestro código). Los operadores aritméticos disponibles en R se resumen en la tabla 5.1.

Clásicamente, las multiplicaciones y divisiones tienen prioridad sobre las adiciones y sustracciones. Si es necesario, podemos usar paréntesis.

```
5 + 5 * 2
```

```
## [1] 15
```

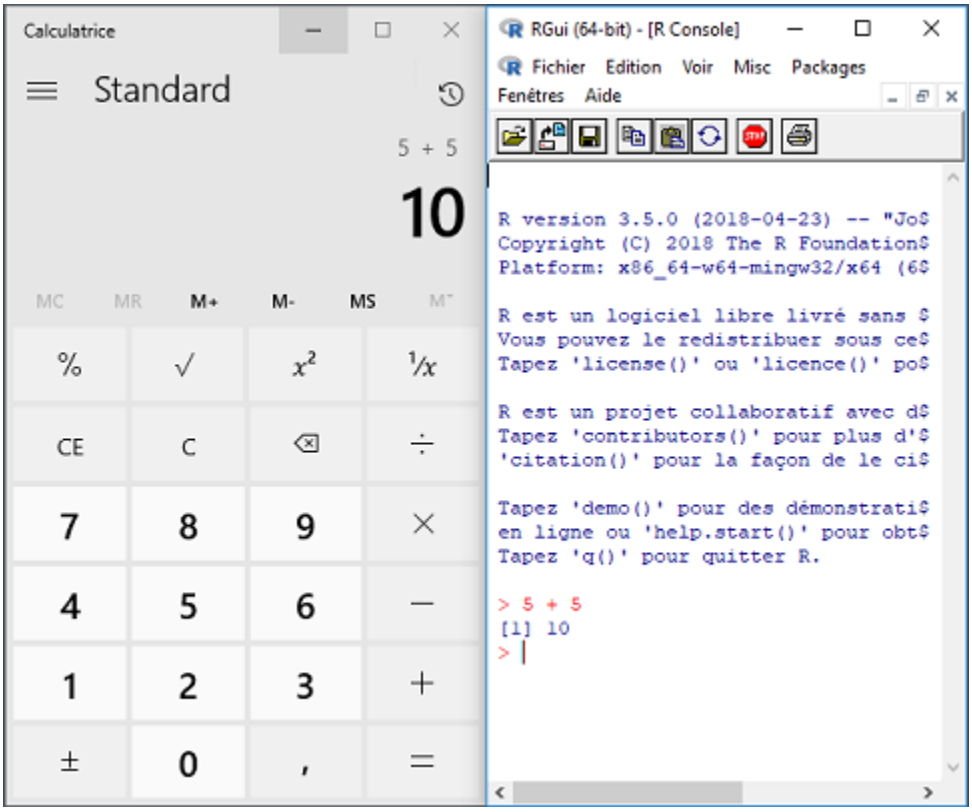


Figure 5.2: Captura de pantalla de la consola R al lado de la calculadora de Windows.

```
(5 + 5) * 2
```

```
## [1] 20
```

```
(5 + 5) * (2 + 2)
```

```
## [1] 40
```

```
(5 + 5) * ((2 + 2) / 3)^2
```

```
## [1] 17.77778
```

El operador *módulo* corresponde al resto de la división euclidiana. Se usa en ciencias de la computación, por ejemplo, para saber si un número es par o impar (un número módulo 2 devolverá 1 si es impar y 0 si es par).

```
451 %% 2
```

```
## [1] 1
```

```
288 %% 2
```

```
## [1] 0
```

Table 5.2: Operadores de comparación.

Label	Operador
más pequeño que	<
mayor que	>
más pequeño o igual a	<=
más grande o igual a	>=
igual a	==
diferente de	!=

```
(5 + 5 * 2) %% 2
```

```
## [1] 1
```

```
((5 + 5) * 2) %% 2
```

```
## [1] 0
```

R también incorpora algunas constantes que incluyen `pi`. Además, el signo infinito está representado por `Inf`.

```
pi
```

```
## [1] 3.141593
```

```
pi * 5^2
```

```
## [1] 78.53982
```

```
1/0
```

```
## [1] Inf
```

El *estilo* del código es importante porque el código está destinado a ser leído por nosotros y por otras personas. Para tener un estilo legible, se recomienda colocar espacios antes y después de los operadores aritméticos, excepto "*", "/" y "^", aunque a veces es útil agregarlos como es el caso en nuestro ejemplos.

5.2.2 Los operadores comparativos

Sin embargo, R es mucho más que una simple calculadora porque permite otro tipo de operadores: operadores de comparación, para *comparar* los valores (Table 5.2).

Por ejemplo, si queremos saber si un numero es más grande que otro, podemos escribir:

```
5 > 3
```

```
## [1] TRUE
```

R devuelve `TRUE` si la comparación es verdadera y `FALSE` si la comparación es falsa.

```
5 > 3
```

```
## [1] TRUE
```

```
2 < 1.5
```

```
## [1] FALSE
```

```
2 <= 2
```

```
## [1] TRUE
```

```
3.2 >= 1.5
```

```
## [1] TRUE
```

Podemos combinar operadores aritméticos con operadores de comparación.

```
(5 + 8) > (3 * 45/2)
```

```
## [1] FALSE
```

En la comparación `(5 + 8) > (3 * 45/2)` no se necesitan paréntesis, pero permiten que el código sea más fácil de leer.

Un operador de comparación particular es *igual a*. Veremos en la siguiente sección que el signo = está reservado para otro uso: permite asignar un valor a un objeto. El operador de comparación *igual a* debe ser diferente, por eso R usa ==.

```
42 == 53
```

```
## [1] FALSE
```

```
58 == 58
```

```
## [1] TRUE
```

Otro operador particular es *diferente de*. Se usa con *un signo de admiración* seguido de *igual*, `!=`. Este operador permite obtener la respuesta opuesta a ==.

```
42 == 53
```

```
## [1] FALSE
```

```
42 != 53
```

```
## [1] TRUE
```

```
(3 + 2) != 5
```

```
## [1] FALSE
```

```
10/2 == 5
```

```
## [1] TRUE
```

R usa `TRUE` y `FALSE`, que también son valores que se pueden probar con operadores de comparación. Pero R también asigna un valor a `TRUE` y `FALSE`:

```
TRUE == TRUE
```

```
## [1] TRUE
```

```
TRUE > FALSE
```

```
## [1] TRUE
```

```
1 == TRUE
```

```
## [1] TRUE
```

```
0 == FALSE
```

```
## [1] TRUE
```

```
TRUE + 1
```

```
## [1] 2
```

```
FALSE + 1
```

```
## [1] 1
```

```
(FALSE + 1) == TRUE
```

```
## [1] TRUE
```

El valor de `TRUE` es 1 y el valor de `FALSE` es 0. Veremos más adelante cómo usar esta información en los próximos capítulos.

R es también un lenguaje relativamente permisivo, significa que admite cierta flexibilidad en la forma de escribir el código. Debatir sobre la idoneidad de esta flexibilidad está fuera del alcance de este libro, pero podemos encontrar en el código R en Internet o en otras obras el atajo `T` para `TRUE` y `F` for `FALSE`.

```
T == TRUE
```

```
## [1] TRUE
```

```
F == FALSE
```

```
## [1] TRUE
```

```
T == 1
```

```
## [1] TRUE
```

```
F == 0
```

```
## [1] TRUE
```

```
(F + 1) == TRUE
```

```
## [1] TRUE
```

Table 5.3: Operadores lógicos.

Label	Operador
no es	!
y	&
o	|
o exclusivo	xor()

Aunque esta forma de referirse a `TRUE` y `FALSE` por `T` y `F` está bastante extendida, en este libro siempre usaremos `TRUE` y `FALSE` para que el código sea más fácil de leer. Como mencionado anteriormente, el objetivo de un código no solo es ser funcional sino también fácil de leer y volver a leer.

5.2.3 Los operadores lógicos

Hay un último tipo de operador, los operadores lógicos. Estos son útiles para combinar operadores de comparación (Table 5.3).

```
!TRUE
```

```
## [1] FALSE
```

```
!FALSE
```

```
## [1] TRUE
```

```
((3 + 2) == 5) & ((3 + 3) == 5)
```

```
## [1] FALSE
```

```
((3 + 2) == 5) & ((3 + 3) == 6)
```

```
## [1] TRUE
```

```
(3 < 5) & (5 < 5)
```

```
## [1] FALSE
```

```
(3 < 5) & (5 <= 5)
```

```
## [1] TRUE
```

El operador lógico `xor()` es *o exclusivo*. Es decir, uno de los dos **argumentos** de la **función** `xor()` debe ser verdadero, pero no ambos. Más adelante volveremos a las **funciones** y sus **argumentos**, pero recuerde que identificamos una función por sus paréntesis que contienen argumentos separados por comas.

```
xor((3 + 2) == 5, (3 + 3) == 6)
```

```
## [1] FALSE
```

```
xor((3 + 2) == 5, (3 + 2) == 6)
```

```
## [1] TRUE
```

```
xor((3 + 3) == 5, (3 + 2) == 6)
```

```
## [1] FALSE
```

```
xor((3 + 3) == 5, (3 + 3) == 6)
```

```
## [1] TRUE
```

Se recomienda que las comas `,` sean seguidas de un espacio para que el código sea más agradable de leer.

5.2.4 Ayuda a los operadores

El archivo de ayuda en inglés sobre operadores aritméticos se puede obtener con el comando `?'+'`. El de los operadores de comparación con el comando `?'=='` y el de los operadores lógicos con el comando `?'&'`.

5.3 El concepto de objeto

Un aspecto importante de la programación con R, pero también la programación en general es la noción de objeto. Como se indica en la página web de wikipedia (`https://ia.wikipedia.org/wiki/Objecto_(informatica)`), en ciencias de la computación, un objeto es un *contenedor*, es decir, algo que contendrá información. La información contenida en un objeto puede ser muy diversa, pero por el momento contendremos en un objeto el número 5. Para hacer esto (y para reutilizarlo más adelante), debemos darle un nombre a nuestro objeto. En R, los nombres de los objetos no deben contener caracteres especiales como ^ *$?* | + *() [] {}*, entre otros. No deben comenzar con un número ni contener espacios. El nombre del objeto debe ser representativo de lo que contiene, sin ser demasiado corto ni demasiado largo. Imagine que nuestro número 5 corresponde al número de repeticiones de un experimento. Nos gustaría darle un nombre que se refiera a *numero* y *repeticiones*, que podríamos reducir a *nbr* y *rep*, respectivamente (*nbr* para number en ingles). Hay varias posibilidades que son bastante comunes bajo R:

- la separación mediante *guión bajo* (underscore): `nbr_rep`
- la separación mediante el carácter *punto*: `nbr.rep`
- el uso de letras minúsculas: `nbrrep`
- el estilo *lowerCamelCase* que consiste en una primera palabra en minúscula y la primera letra de las siguientes palabras con una letra mayúscula: `nbrRep`
- el estilo *UpperCamelCase* donde cada palabra comienza con una letra mayúscula: `NbrRep`

Todas estas formas de nombrar un objeto son equivalentes. En este libro usaremos el estilo *lowerCamelCase*. En general, debemos evitar los nombres que son demasiado largos, como `miNumeroDeRepeticionesDeMiExperimento` o demasiado cortos como `nR`, y los nombres que no permiten identificar los contenidos como `miVariable` o `miNumero`, asi que nombres como `a` o `b`. El objetivo es de tener una idea de lo que hay en cada objeto en base a su nombre.

Hay diferentes maneras de definir un nombre para los objetos que crearemos con R. En este libro, utilizamos el estilo *lowerCamelCase*. Lo importante no es la elección del estilo, sino la consistencia en su elección. El objetivo es tener un código funcional, pero también un código que sea fácil y agradable de leer para nosotros y para los demás.

Ahora que hemos elegido un nombre para nuestro objeto, debemos crearlo y hacer que R entienda que nuestro objeto debe contener el número 5. Hay tres maneras de crear un objeto bajo R:

- con <-
- con =
- o con ->

```
nbrRep <- 5
nbrRep = 5
5 -> nbrRep
```

En este libro siempre usaremos la forma <- para coherencia y también porque es la forma más común.

```
nbrRep <- 5
```

Acabamos de crear un objeto `nbrRep` y establecerlo con el valor *5*. Este objeto ahora está disponible en nuestro entorno de computación y puede ser utilizado. Algunos ejemplos :

```
nbrRep + 2
```

```
## [1] 7
```

```
nbrRep * 5 - 45/56
```

```
## [1] 24.19643
```

```
pi * nbrRep^2
```

```
## [1] 78.53982
```

El valor asociado con nuestro objeto `nbrRep` se puede modificar de la misma manera que cuando se creó:

```
nbrRep <- 5
nbrRep + 2
```

```
## [1] 7
```

```
nbrRep <- 10
nbrRep + 2
```

```
## [1] 12
```

```
nbrRep <- 5 * 2 + 7/3
nbrRep + 2
```

```
## [1] 14.33333
```

El uso de objetos tiene sentido cuando tenemos operaciones complejas para realizar y hace que el código sea más agradable de leer y entender.

```
(5 + 9^2 - 1/18) / (32 * 45/8 + 3)
```

```
## [1] 0.4696418
```

```
termino01 <- 5 + 9^2 - 1/18
termino02 <- 32 * 45/8 + 3
termino01 / termino02
```

```
## [1] 0.4696418
```

5.4 Los scripts

R es un lenguaje de programación denominado *lenguaje de scripting*. Esto se refiere al hecho de que la mayoría de los usuarios escribirán pequeñas piezas de código en lugar de programas completos. R se puede usar como una simple calculadora, y en este caso no será necesario mantener un historial de las operaciones que se han realizado. Pero si las operaciones a implementar son largas y complejas, puede ser necesario e interesante guardar lo que se ha hecho para poder continuar más adelante. El archivo en el que se almacenarán las operaciones es lo que comúnmente se llama el *script*. Un *script*, por lo tanto, es un archivo que contiene una sucesión de información comprensible por R y que es posible ejecutar.

5.4.1 Crear un script y documentarlo

Para crear un nuevo script basta con abrir un documento vacío de texto, que será editado por un editor de texto como el bloc de notas en Windows o Mac OSX, o Gedit o incluso nano en Linux. Por convención, este archivo toma la extensión ".r" o ".R" (lo mas comun). Esta última convención se usará en este libro (*"miArchivo.R"*). Desde la interfaz gráfica de R, es posible crear un nuevo script en Mac OS y Windows a través de *file*, luego *new script* y *save as*. Al igual que el nombre de los objetos, el nombre del script es importante para que podamos identificar fácilmente su contenido. Por ejemplo, podríamos crear un archivo `formRConceptsBase.R` que contenga los objetos que acabamos de crear y los cálculos que hicimos. Pero incluso con nombres de objetos y archivos bien definidos, será difícil recordar el significado de este archivo sin la documentación que acompaña a este script. Para documentar un script utilizaremos *comentarios*. Los *comentarios* son elementos que R identificará como tales y no se ejecutarán. Para especificar a R que vamos a hacer un *comentario*, debemos usar el carácter octothorpe (corsé o numeral) #. Los comentarios se pueden insertar en una nueva línea o al final de la línea.

```
# creación objeto número de repeticiones
nbrRep <- 5 # Comentario de fin de línea
```

Todo lo que hay despues del simbolo numeral # no sera ejecutado. Significa que podriamos usar comentarios como ### o `#comentario`, aun que se recomienda hacer comentarios con un solo simbolo numeral seguido por un espacio y despues su comentario: `# mi comentario`.

Los comentarios también se pueden usar para hacer que una línea ya no se ejecute. En este caso no queremos ejecutar la secunda linea:

```
nbrRep <- 5
# nbrRep + 5
```

Para volver a la documentación del script, se recomienda comenzar cada uno de nuestros scripts con una breve descripción de su contenido, luego cuando el script sea extenso, estructurarlo en diferentes partes para facilitar su lectura.

```
# ------------------------------------------------------------
# Aquí hay un script para adquirir los conceptos básicos
# con R
# fecha de creación : 27/06/2018
# autor : François Rebaudo
# ------------------------------------------------------------

# [1] creación del objeto número de repeticiones
# ------------------------------------------------------------

nbrRep <- 5

# [2] cálculos simples
# ------------------------------------------------------------
```

```
pi * nbrRep^2
```

```
## [1] 78.53982
```

Para ir más allá en el estilo del código, una guía completa de recomendaciones está disponible en línea en el sitio web *tidyverse* (en ingles ; `http://style.tidyverse.org/`).

5.4.2 Ejecutar un script

Como tenemos un script, no trabajamos directamente en la consola. Pero solo la consola puede *entender* el código R y devolvernos los resultados que queremos obtener. Por ahora, la técnica más simple es copiar y pegar las líneas que queremos ejecutar desde nuestro script hasta la consola. A partir de ahora, ya no utilizaremos editores de texto como bloc de notas, sino editores especializados para la creación de scripts R. Sera es el objetivo del siguiente capítulo.

5.5 Conclusión

Felicitaciones, hemos llegado al final de este primer capítulo sobre la base de R. Sabemos:

- Instalar R
- Usar R como una calculadora
- Crear **objetos** y utilisarlos para los calculos aritméticos, comparativos y logicos
- Elejir nombres pertinentes para los objetos
- Crear un nuevo **script**
- Elejir un nombre pertinente para el archivo del script
- Ejecutar el codigo de un script
- Documentar los scripts con **comentarios**
- Usar un estilo de código para que sea agradable de leer y facil de entender

Chapter 6

Elegir un entorno de desarrollo

6.1 Editores de texto y entorno de desarrollo

Hay muchos editores de texto, el capítulo anterior permitió introducir algunos de los más simples como el bloc de notas de Windows. Sin embargo, los límites de estos editores han hecho tediosa la tarea de escribir un script. De hecho, incluso estructurando su script con comentarios, sigue siendo difícil entenderlo. Aquí es donde entran los editores de texto especializados para facilitar la escritura y la lectura de scripts. El editor de texto para R más común es Rstudio, pero hay muchos más. Hacer una lista exhaustiva de todas las soluciones disponibles está más allá del alcance de este libro, por lo que nos centraremos en las tres soluciones que utilizo a diario: **Notepad++**, **Rstudio** y **Geany**. No necesita instalar más de un editor de texto. Aquí recomendamos RStudio para principiantes a R.

6.2 RStudio

6.2.1 Instalar RStudio

El programa para instalar el software RStudio se encuentra en la parte *Products* del sitio web de RStudio (`https://www.rstudio.com/`). Instalaremos RStudio para uso local (en nuestra computadora), por lo que la versión que nos interesa es *Desktop*. Usaremos la versión *Open Source* que es gratuita. Luego, seleccionamos la versión que corresponde a nuestro sistema operativo (Windows, Mac OS, Linux), descargamos el archivo correspondiente y lo ejecutamos para comenzar la instalación. Podemos mantener las opciones predeterminadas durante la instalación.

6.2.2 Un script con RStudio

Podemos abrir RStudio. En la primera apertura, la interfaz se divide en dos con la consola R a la izquierda que vimos en el capítulo anterior (Figura 6.2). Para abrir un nuevo script, vamos al menú *Archivo* (o *File*), *Nuevo archivo* (o *New File*), *R script*. Por defecto, este archivo tiene el nombre *Untitled1*. Hemos visto en el capítulo anterior la importancia de dar un nombre pertinente a nuestros scripts, por lo que lo cambiaremos de nombre a *selecEnvDev.R*, en el menú *Archivo* (o *File*), con la opción *Guardar*

Figure 6.1: Logo RStudio.

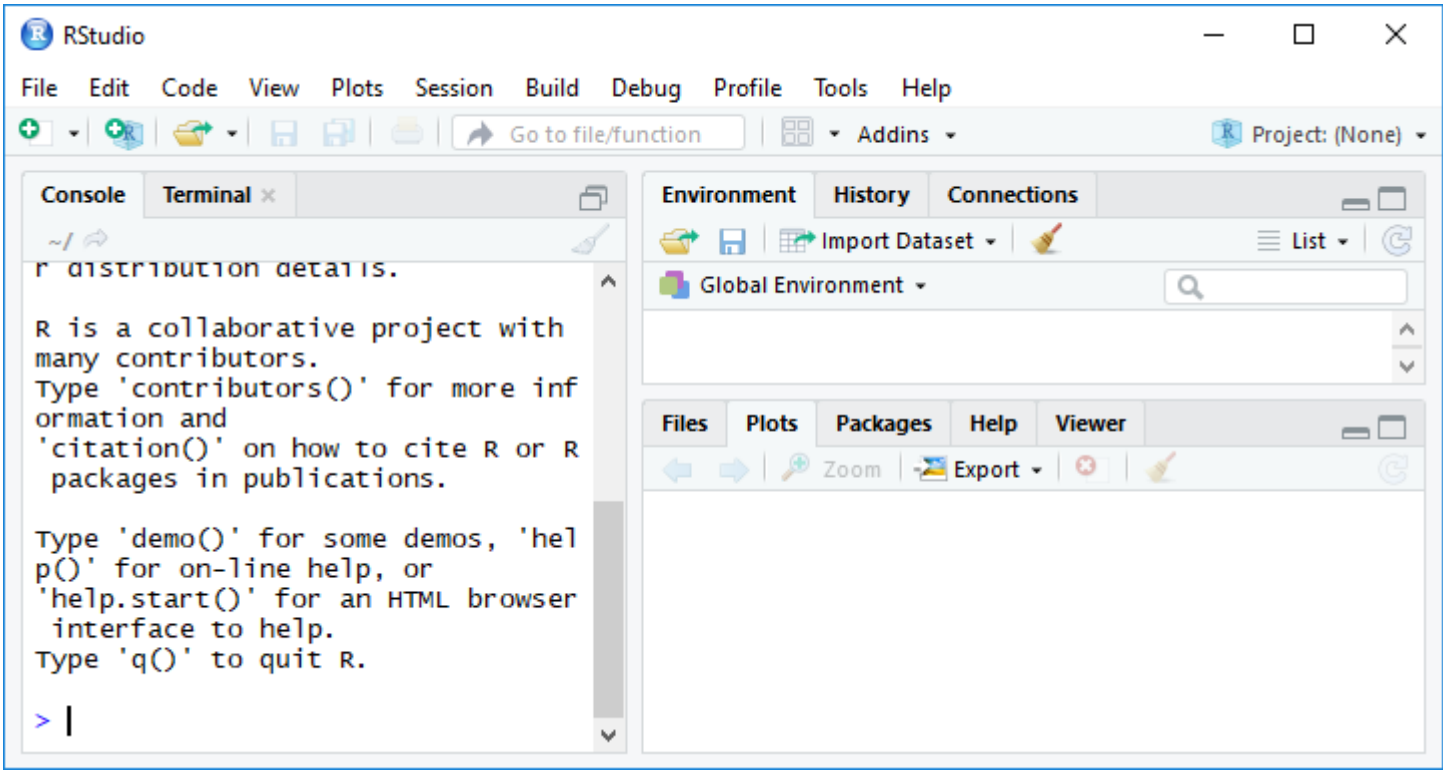


Figure 6.2: Captura de pantalla de RStudio en Windows: pantalla por defecto.

como … (o *Save As…*). Podemos notar que el lado izquierdo de RStudio ahora está dividido en dos, con la consola en la parte inferior de la pantalla y el script en la parte superior.

Luego podemos comenzar a escribir nuestro script con los comentarios que describan lo que vamos a encontrar allí, y agregar un cálculo simple. Una vez que hayamos copiado o escrito un código, podemos guardar nuestro script con el comando `CTRL + S` o yendo a *Archivo* (o *File*, luego *Guardar* (o *Save*).

```
# ------------------------------------------------------------
# Un script para seleccionar su entorno de desarrollo
# fecha de creación : 27/06/2018
# autor : François Rebaudo
# ------------------------------------------------------------

# [1] cálculos simples
# ------------------------------------------------------------
nbrRep <- 5
pi * nbrRep^2
```

```
## [1] 78.53982
```

Para ejecutar nuestro script, simplemente seleccionamos las líneas que deseamos ejecutar y usamos la combinación de teclas `CTRL + ENTER`. El resultado aparece en la consola (Figura 6.3).

Podemos ver que, de forma predeterminada, en la parte del script, los comentarios aparecen en verde, los números en azul y el resto del código en negro. En la parte de la consola, lo que se ejecutó aparece en azul y los resultados de la ejecución en negro. También podemos observar que en la parte del código cada línea tiene un número correspondiente al número de línea a la izquierda sobre un fondo gris. Este es el resaltado de preferencias de sintaxis predeterminado con RStudio. Estas preferencias de sintaxis pueden modificarse yendo al menú *Herramientas* (o *Tools*), *Opciones globales …* (o *Global Options…*),

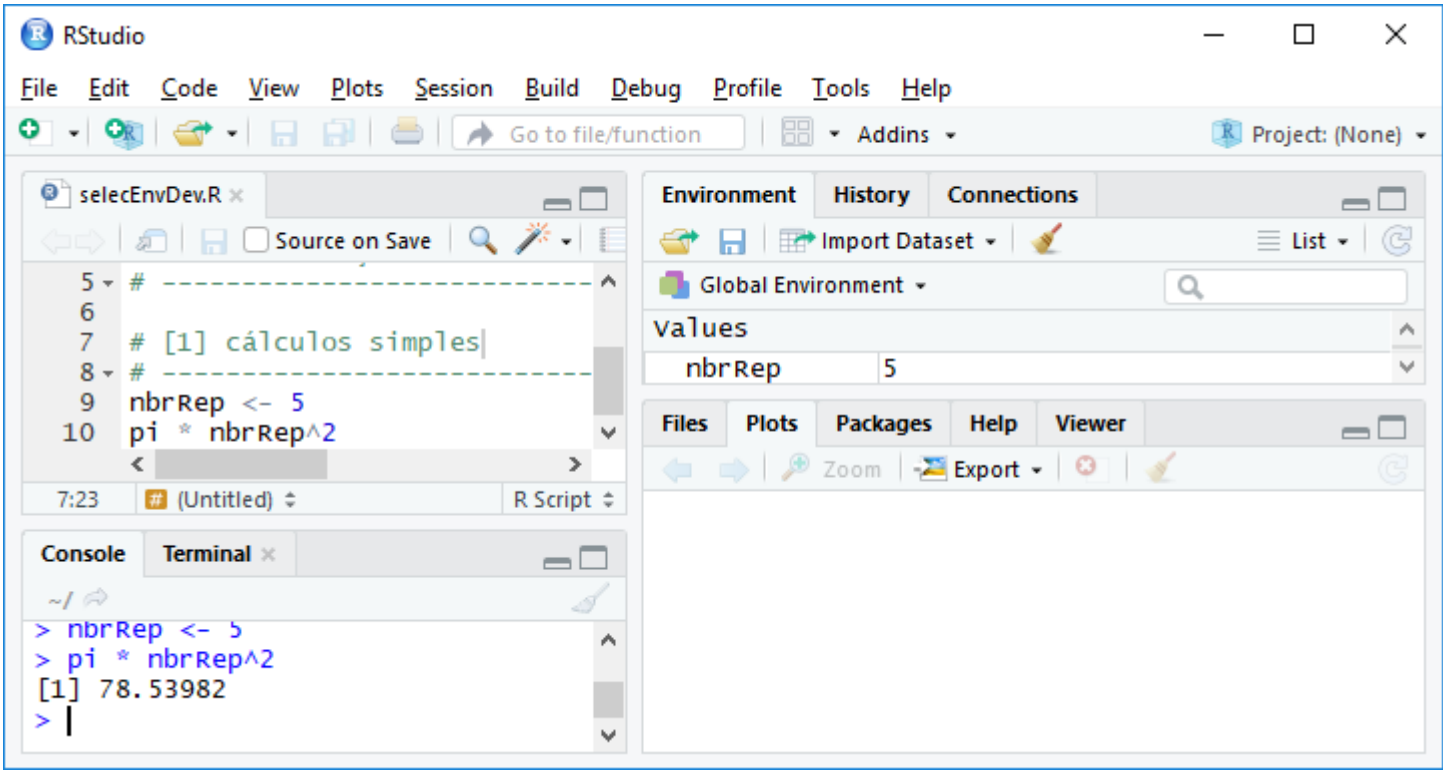


Figure 6.3: Captura de pantalla de RStudio en Windows: ejecutar nuestro script con CTRL + ENTER.

Aspecto (o *Appearance*), y luego seleccionando otro tema del *Editor de tema:* (o *Editor theme:*). Elegiremos el tema *Cobalt*, luego *OK* (Figura 6.4).

Sabemos cómo crear un nuevo script, guardarlo, ejecutar su contenido y cambiar la apariencia de RStudio. Veremos los muchos otros beneficios de RStudio a lo largo de este libro, ya que es el entorno de desarrollo que se utilizará. Sin embargo, seremos especialmente cuidadosos de que todos los scripts desarrollados a lo largo de este libro se ejecuten de la misma manera, independientemente del entorno de desarrollo utilizado.

6.3 Notepad++ avec Npp2R

6.3.1 Instalar Notepad++ (solamente para Windows)

El programa para instalar Notepad ++ se puede encontrar en la pestaña *Downloads* (`https://notepad-plus-plus.org/download/`). Podemos elegir entre la versión de 32-bit y la de 64-bit (64-bit si no sabe qué versión elegir). Notepad++ es suficiente para escribir un script, pero es aún más poderoso con *Notepad++ to R* (*Npp2R*) que permite ejecutar automáticamente nuestros scripts en una consola localmente en nuestra computadora o remotamente en un servidor.

6.3.2 Instalar Npp2R

El programa para instalar Npp2R está alojado en el sitio de Sourceforge (`https://sourceforge.net/projects/npptor/`). Npp2R debe instalarse después de Notepad++.

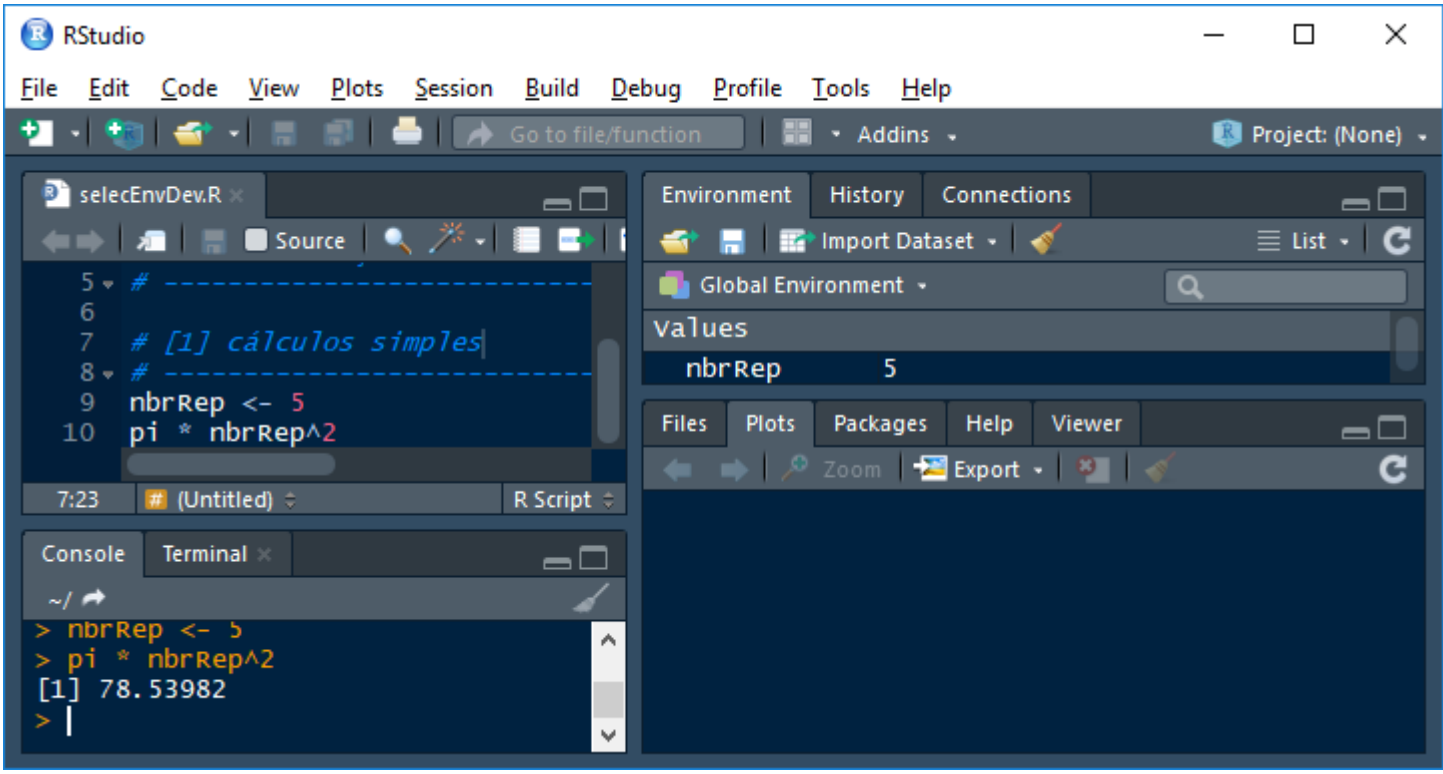


Figure 6.4: Captura de pantalla de RStudio en Windows: cambiar preferencias de sintaxis.

Figure 6.5: Logo Notepad++

6.3.3 Un script con Notepad++

Al abrir por primera vez, Notepad++ muestra un archivo vacío *new 1* (Figura 6.6).

Como ya hemos creado un script para probarlo con RStudio, lo abriremos de nuevo con Notepad++. En *Archivo*, seleccionamos *Abrir …* luego elijemos el script *selecEnvDev.R* creado previamente. Una vez que el script está abierto, vamos a *Idioma*, luego *R*, y de nuevo *R*. Aparece el resaltado de sintaxis (Figura 6.7).

La ejecución del script solo se puede realizar si se está ejecutando Npp2R. Para hacerlo, es necesario ejecutar el programa Npp2R desde el prompt de Windows. Un icono debe aparecer en la parte inferior de su pantalla demostrando que Npp2R está prendido. La ejecución automática del código de Notepad++ se realiza seleccionando el código para ejecutar y luego usando el comando F8. Si el comando no funciona, puede ser necesario reiniciar la computadora. Si el comando funciona, se abrirá una nueva ventana con una consola que ejecuta las líneas deseadas (Figura 6.8).

Al igual que con RStudio, el resaltado de sintaxis se puede cambiar desde el menú *Configuración*, y se puede seleccionar un nuevo tema (por ejemplo, *Solarized* en la Figura 6.9)

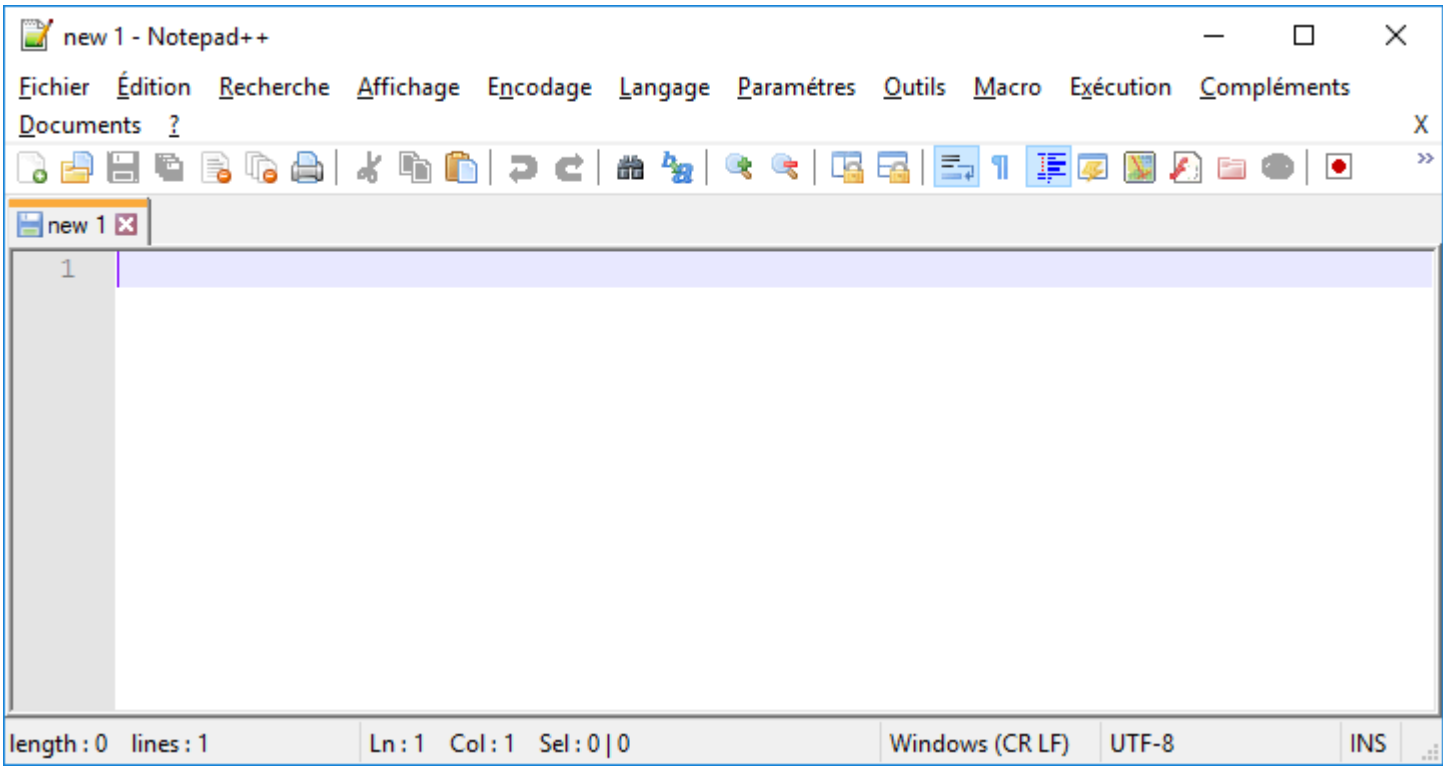


Figure 6.6: Captura de pantalla de Notepad++ en Windows: pantalla por defecto.

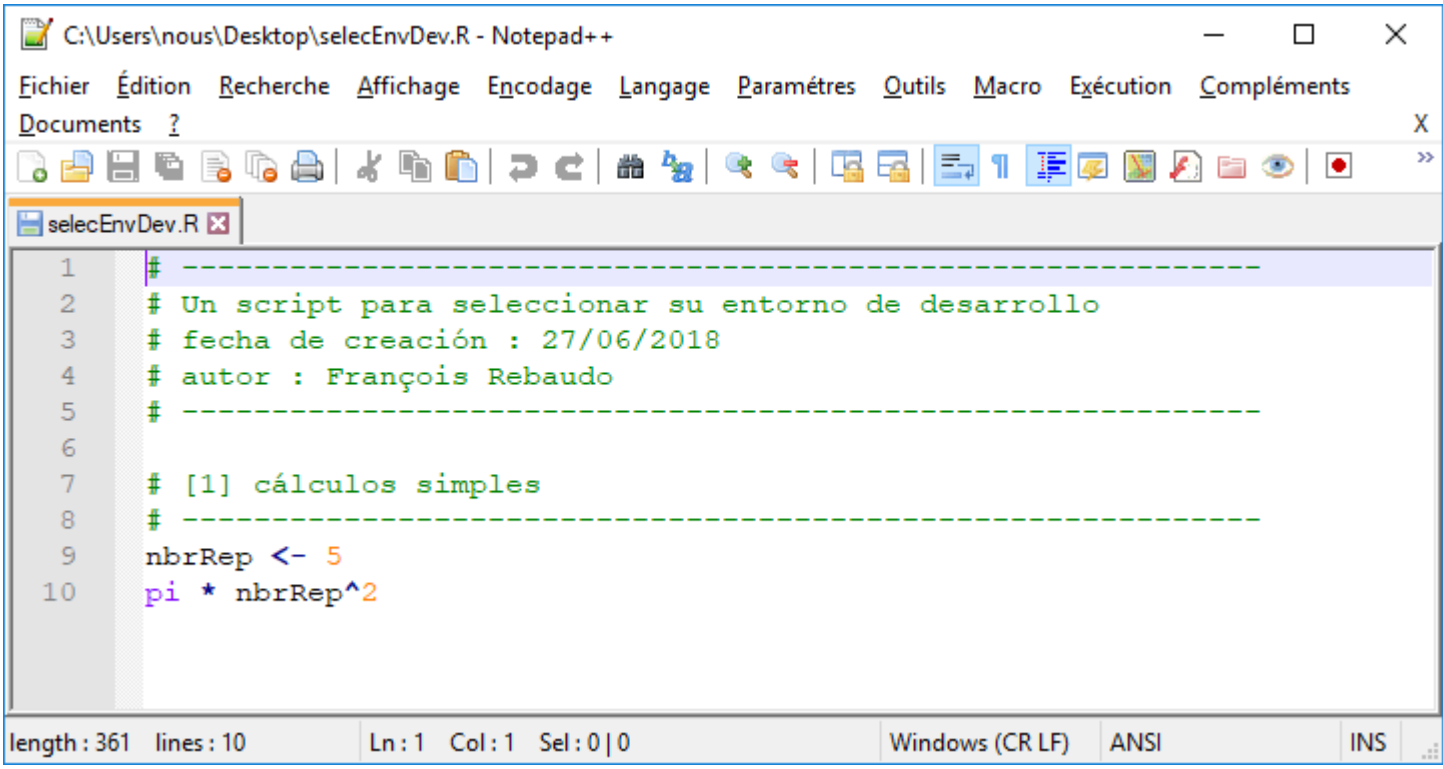


Figure 6.7: Captura de pantalla de Notepad++ en Windows: ejecutar nuestro script con F8.

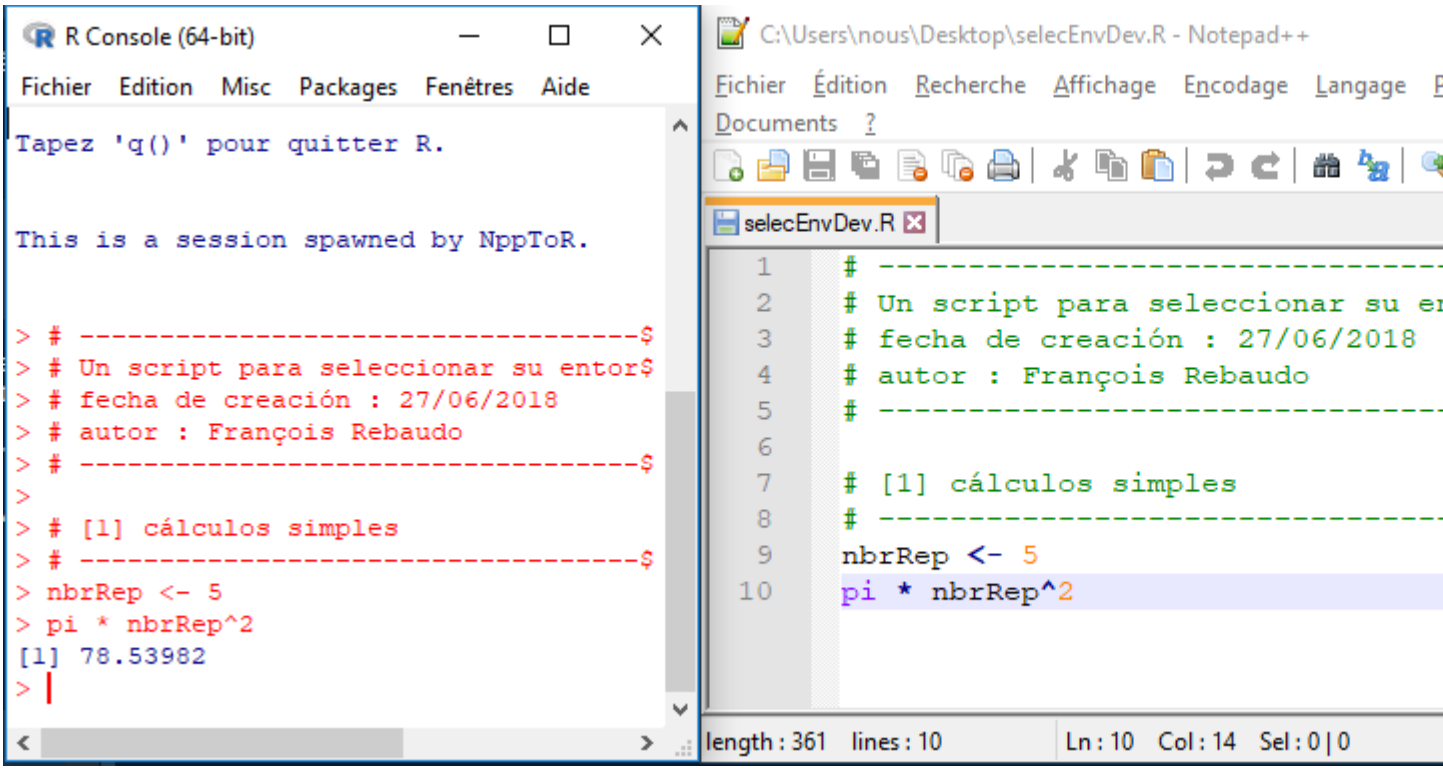


Figure 6.8: Captura de pantalla de Notepad++ en Windows: la consola con F8.

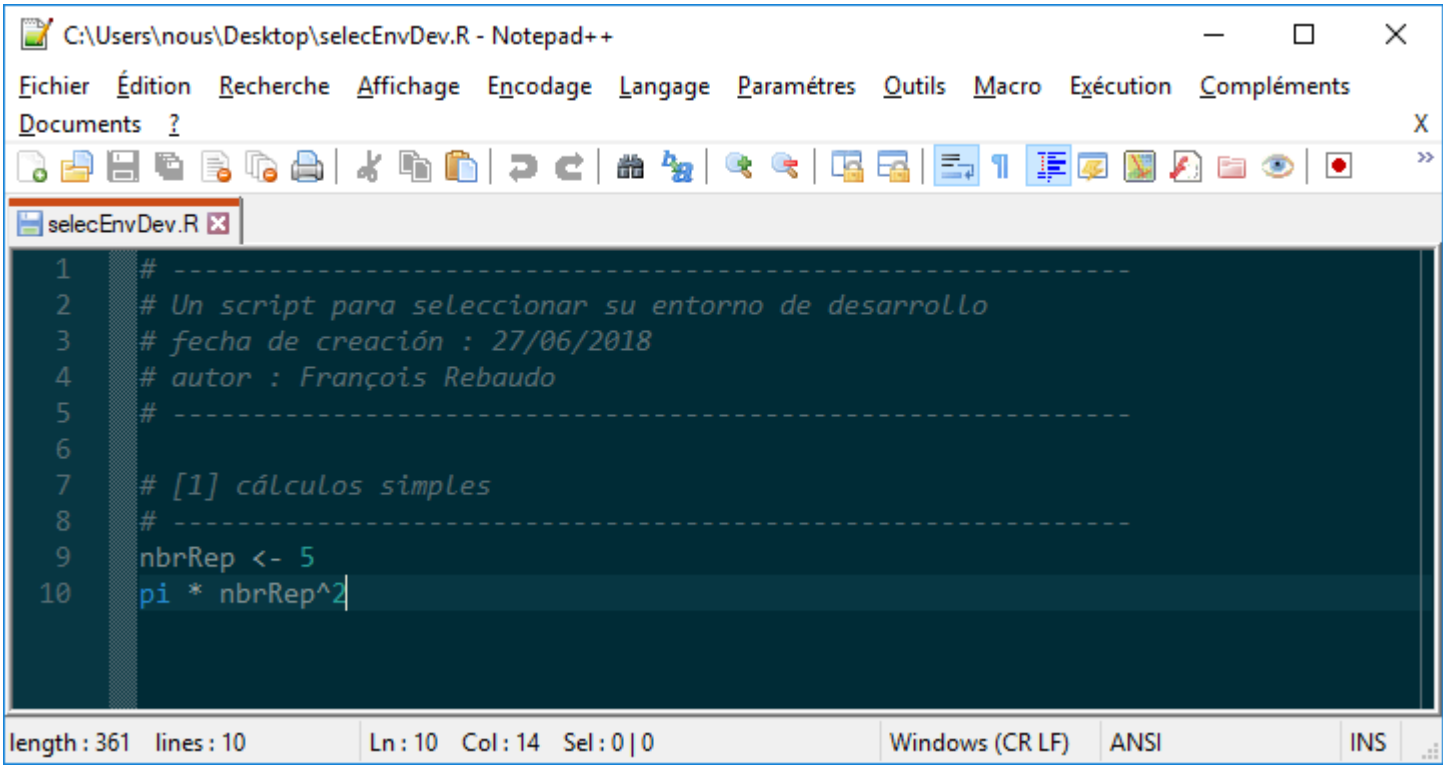


Figure 6.9: Captura de pantalla de Notepad++ en Windows con el tema Solarized.

Figure 6.10: Logo Geany

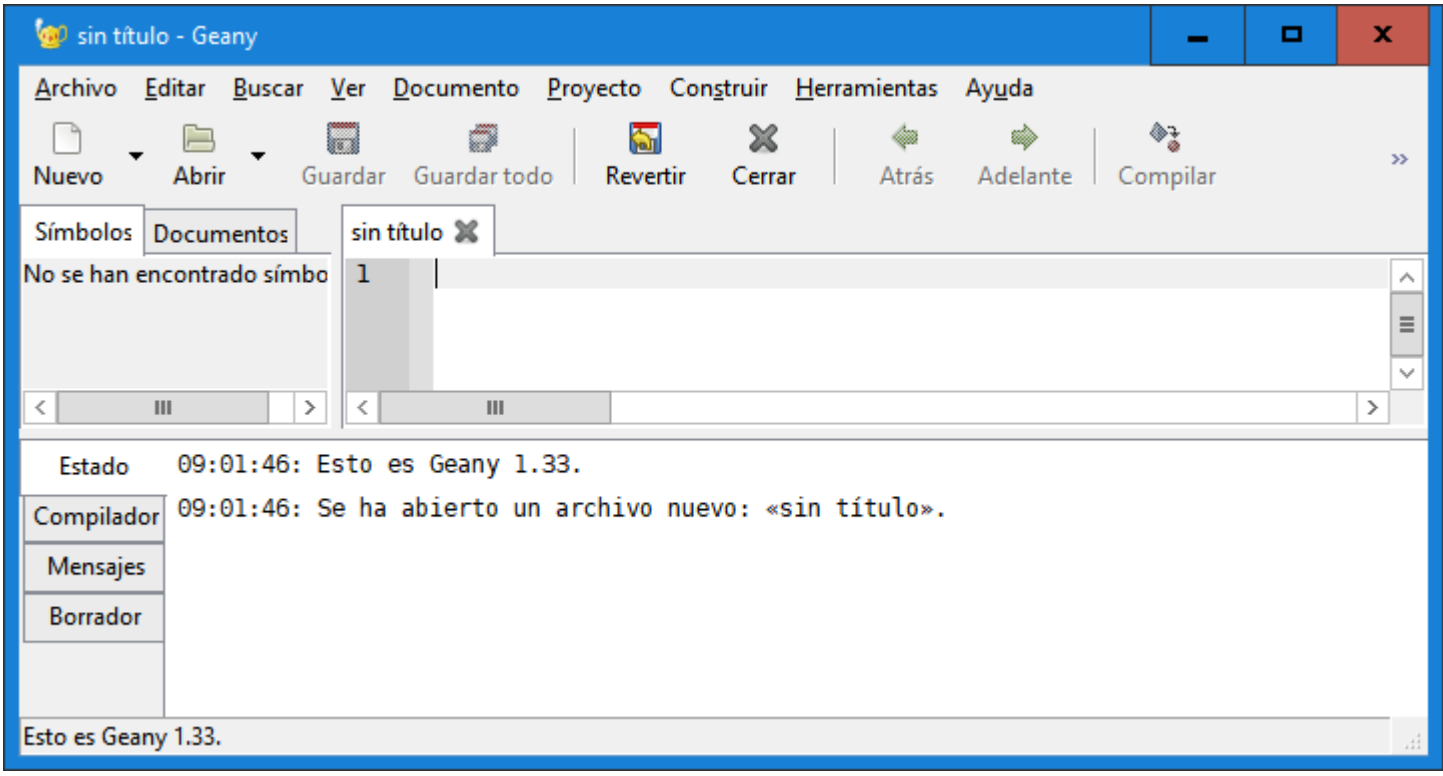


Figure 6.11: Captura de pantalla de Geany en Windows: pantalla por defecto.

Comparado con otros editores de texto, Notepad++ tiene la ventaja de ser muy liviano, rapido y ofrece una amplia gama de opciones para personalizar la escritura de códigos.

6.4 Geany

6.4.1 Instalar Geany (para Linux, Mac OSX y Windows)

El programa para instalar Geany se puede encontrar en la pestaña *Downloads* en el menú de la izquierda *Releases* de la página web (`https://www.geany.org/`). Luego solo descargamos el ejecutable para Windows o el dmg para Mac OSX. Los usuarios de Linux preferirán un `sudo apt-get install geany`.

6.4.2 Un script con Geany

Al abrir por primera vez, como para RStudio y Notepad++, se crea un archivo vacío (Figura 6.11).

Podemos abrir nuestro script con *Archivo*, *Abrir* (Figura 6.12).

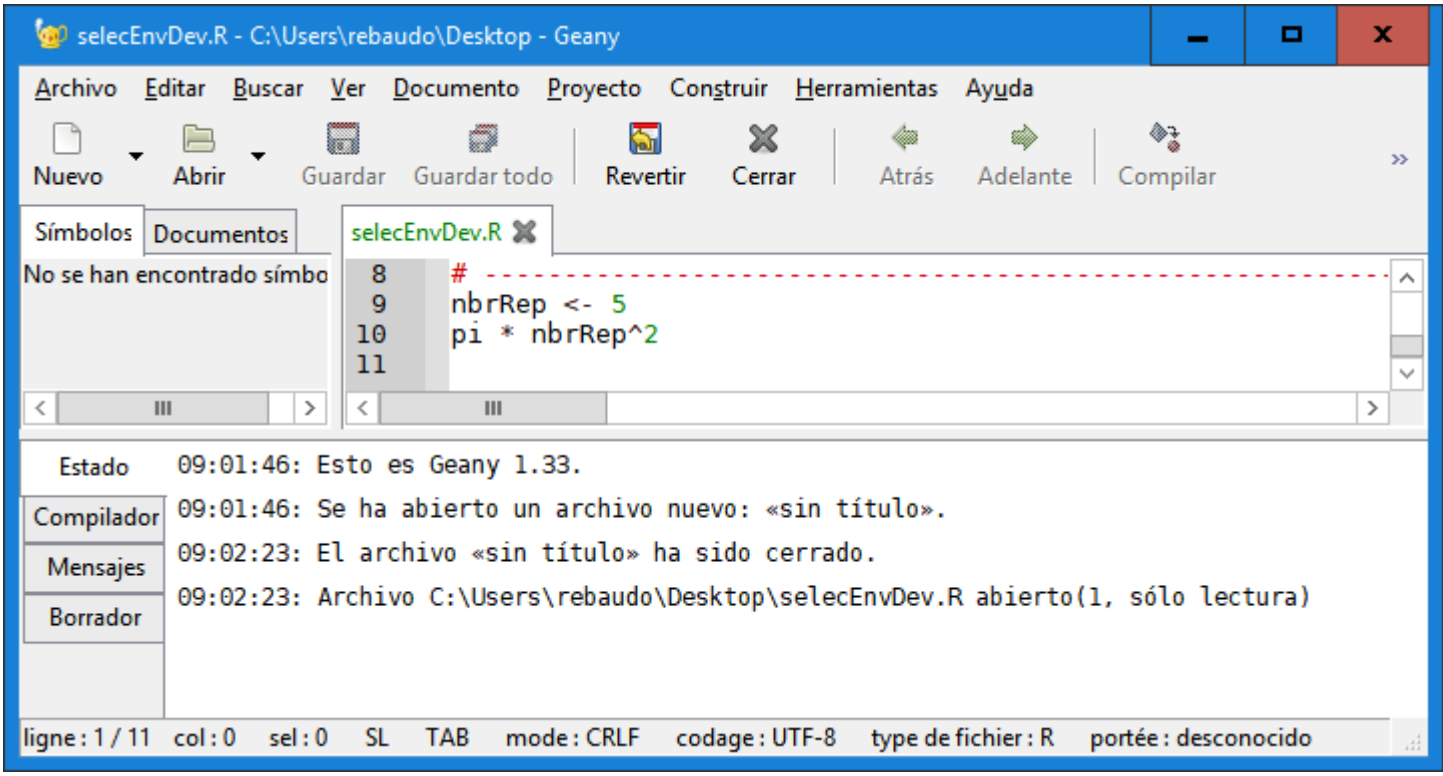


Figure 6.12: Captura de pantalla de Geany en Windows: abrir un script.

Para ejecutar nuestro script, la versión de Geany para Windows no tiene un terminal incorporado, lo que hace que su uso sea limitado bajo este sistema operativo. La ejecución de un script se puede hacer abriendo R en una ventana separada y copiando y pegando las líneas que se ejecutarán. En Linux y Mac OSX, podemos abrir R en el terminal en la parte inferior de la ventana de Geany con el comando `R`. Podemos configurar Geany para una combinación de teclas para ejecutar el código seleccionado (por ejemplo `CTRL + R`). Para esto hay que permitir el envío de selección al terminal (`send_selection_unsafe = true`) in `archivo geany.conf` y elegir el comando para enviar al terminal (en *Editar*, *Preferencias*, *Combinaciones*). Para cambiar el tema de Geany, hay una colección de temas disponibles en GitHub (`https://github.com/geany/geany-themes/`). El tema se puede cambiar a través del menú *Ver*, *cambiar Esquema del color* … (un ejemplo con el tema *Solarized* Figura @ref(Fig: screenCapGeany03)).

6.5 Otras soluciones

Hay muchas otras soluciones, algunas especializadas para R como **Tinn-R** (`https://sourceforge.net/projects/tinn-r/`), y otras más generales para programación como **Atom** (`https://atom.io/`), **Sublime Text** (`https://www.sublimetext.com/`), **Vim** (`https://www.vim.org/`), **Gedit** (`https://wiki.gnome.org/Apps/Gedit`), **GNU Emacs** (`https://www.gnu.org/software/emacs/`), **Jupyter** (`http://jupyter.org`), o **Brackets** (`http://brackets.io/`) y **Eclipse** (`http://www.eclipse.org/`).

6.6 Conclusión

Felicitaciones, llegamos al final de este capítulo sobre el entorno de desarrollo para el uso de R. Hasta ahora sabemos:

- Instalar RStudio, Geany o Notepad++
- Reconocer y elegir nuestro entorno de preferencia

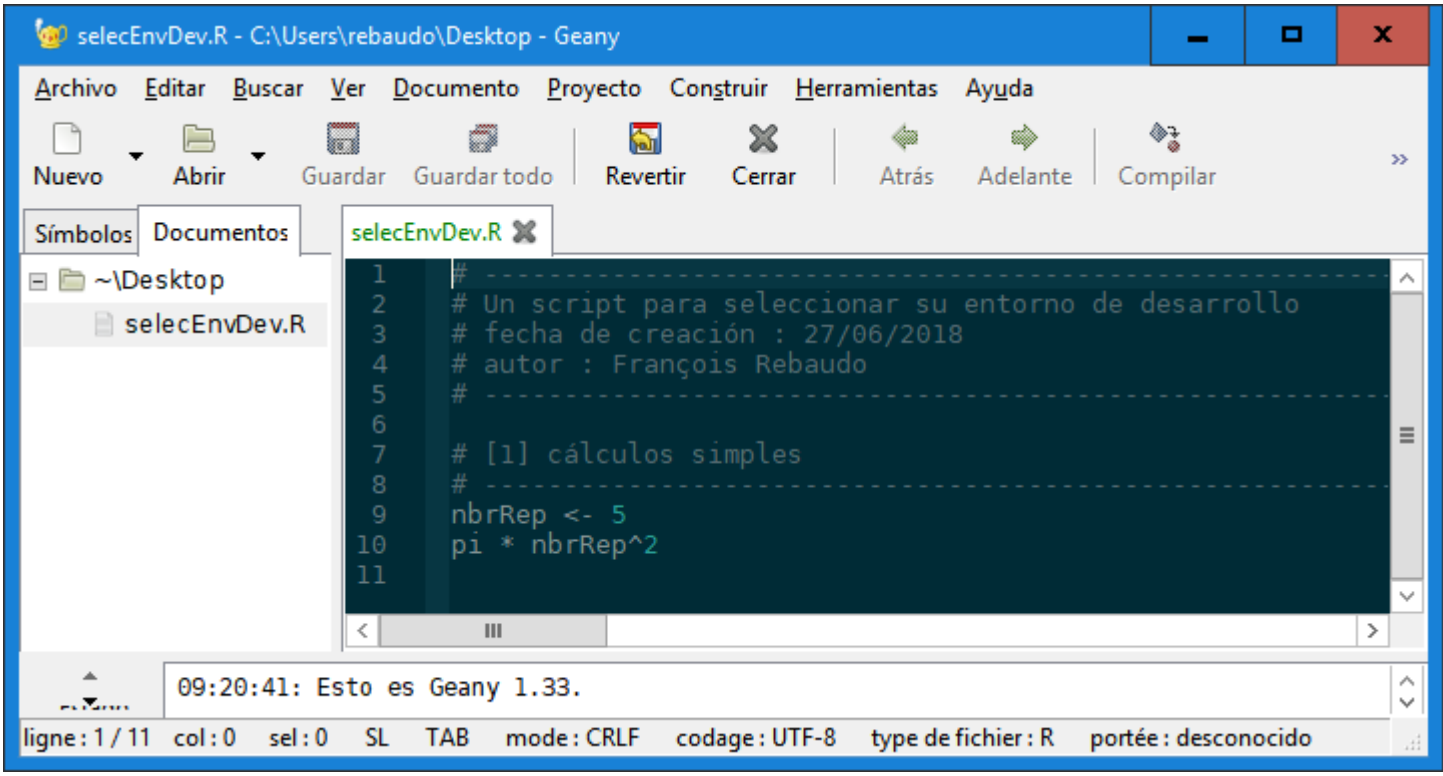


Figure 6.13: Captura de pantalla de Geany en Windows: cambiar esquema de color.

A partir de acá podremos concentrarnos en el lenguaje de programación R en un ambiente, facilitando el trabajo de lectura y de escritura del código. Esto ya es un gran paso para manejar R.

Chapter 7

Tipos de datos

Vimos anteriormente cómo crear un objeto. Un objeto es como una caja en la que almacenaremos *información*. Hasta ahora solo hemos almacenado números, pero en este capítulo veremos que es posible almacenar otra información y nos detendremos en los tipos más comunes. En este capítulo utilizaremos **funciones** sobre las cuales volveremos más adelante.

7.1 El tipo `numeric`

El tipo `numeric` es lo que hemos hecho hasta ahora, almacenando números. Hay dos tipos principales de números en R: enteros (*integer*) y números decimales (*double*). Por defecto, R considera todos los números como números decimales y asigna el tipo `double`. Para verificar el tipo de datos utilizaremos la *función* `typeof()` que toma como *argumento* un objeto (o directamente la información que queremos probar). También podemos usar la función `is.double()` que devolverá `TRUE` si el número está en formato `double` y `FALSE` en caso contrario. La función genérica `is.numeric()` devolverá `TRUE` si el objeto está en formato `numeric` y `FALSE` en caso contrario.

```
nbrRep <- 5
typeof(nbrRep)
```

```
## [1] "double"
```

```
typeof(5.32)
```

```
## [1] "double"
```

```
is.numeric(5)
```

```
## [1] TRUE
```

```
is.double(5)
```

```
## [1] TRUE
```

Si queremos decirle a R que vamos a trabajar con un entero, entonces necesitamos convertir nuestro número decimal en un entero con la función `as.integer()`. También podemos usar la función `is.integer()` que devolverá `TRUE` si el número está en formato `integer` y `FALSE` en caso contrario.

```r
nbrRep <- as.integer(5)
typeof(nbrRep)
```

```
## [1] "integer"
```

```r
typeof(5.32)
```

```
## [1] "double"
```

```r
typeof(as.integer(5.32))
```

```
## [1] "integer"
```

```r
as.integer(5.32)
```

```
## [1] 5
```

```r
as.integer(5.99)
```

```
## [1] 5
```

```r
is.numeric(nbrRep)
```

```
## [1] TRUE
```

Vemos aquí que convertir un número como `5.99` a `integer` solo devolverá la parte entera, `5`.

```r
is.integer(5)
```

```
## [1] FALSE
```

```r
is.numeric(5)
```

```
## [1] TRUE
```

```r
is.integer(as.integer(5))
```

```
## [1] TRUE
```

```r
is.numeric(as.integer(5))
```

```
## [1] TRUE
```

La suma de un número entero `integer` y un número decimal `double` devuelve un número decimal.

```r
sumIntDou <- as.integer(5) + 5.2
typeof(sumIntDou)
```

```
## [1] "double"
```

```
sumIntInt <- as.integer(5) + as.integer(5)
typeof(sumIntInt)
```

```
## [1] "integer"
```

Para resumir, el tipo `numeric` contiene dos subtipos, los tipos `integer` para enteros y el tipo `double` para los números decimales. Por defecto, R asigna el tipo `double` a los números.

Tenga cuidado, hay una trampa para usar la función `is.integer()`. No nos dice si el número es un número entero, pero si es de tipo `integer`. De hecho, uno puede almacenar un entero en una variable de tipo `doble`.

Los números almacenados en una variable de tipo `integer` son codificados en 32 bits y, por lo tanto, pueden tomar valores entre 0 y 2^32-1 = 4294967295. Hay otra forma de decirle a R que un número es un número entero, usando el sufijo `L`. Por ejemplo, `5L` es lo mismo que `as.integer(5)`. El origen del sufijo `L`, que se remonta a una época en que las computadoras usaban palabras de 16 bits y 32 bits, era un tipo `Largo`. ¡Ahora las computadoras usan palabras de 64 bits y 32 bits es bastante corta!

No podemos dejar esta sección sin mencionar las funciones `round()` `ceiling()` `trunc()` o `floor()` que devuelven la parte entera de un número, pero déjelo en el tipo `double`. Para obtener más información, podemos usar la ayuda de R con `?Ronda`.

{R} roundDou <- round (5.2) typeof (roundDou)‘

7.2 El tipo `character`

El tipo `character` es texto. De hecho, R permite trabajar con texto. Para especificar a R que la información contenida en un objeto está en formato de texto (o generalmente para todos los textos), usamos las comillas dobles (`"`) o las comillas simples (`'`).

```
myText <- "azerty"
myText2 <- 'azerty'
myText3 <- 'azerty uiop qsdfg hjklm'
typeof(myText3)
```

```
## [1] "character"
```

Tanto las comillas dobles y simples son útiles en nuestro texto. También podemos *escapar* un carácter especial como comillas gracias al signo de barra invertida `\`.

```
myText <- "a 'ze' 'rt' y"
print(myText)
```

```
## [1] "a 'ze' 'rt' y"
```

```
myText2 <- 'a "zert" y'
print(myText2)
```

```
## [1] "a \"zert\" y"
```

```
myText3 <- 'azerty uiop qsdfg hjklm'
print(myText3)
```

```
## [1] "azerty uiop qsdfg hjklm"
```

```
myText4 <- "qwerty \" azerty "
print(myText4)
```

```
## [1] "qwerty \" azerty "
```

```
myText5 <- "qwerty \\ azerty "
print(myText5)
```

```
## [1] "qwerty \\ azerty "
```

De forma predeterminada, cuando creamos un objeto, su contenido no es devuelto por la consola. En Internet o en muchos libros podemos encontrar el nombre del objeto en una línea para devolver sus contenidos:

```
myText <- "a 'ze' 'rt' y"
myText
```

```
## [1] "a 'ze' 'rt' y"
```

En este libro, no lo usaremos de esta manera y preferiremos el uso de la función `print()`, que permite mostrar en la consola el contenido de un objeto. El resultado es el mismo, pero el código es más fácil de leer y más explícito sobre lo que hace.

```
myText <- "a 'ze' 'rt' y"
print(myText)
```

```
## [1] "a 'ze' 'rt' y"
```

```
nbrRep <- 5
print(nbrRep)
```

```
## [1] 5
```

También podemos poner números en formato de texto, pero no debemos olvidar poner comillas para especificar el tipo `character` o usar la funciónas`.character()`. Una operación entre un texto y un número devuelve un error. Por ejemplo, si agregamos 10 a 5, R nos dice que un **argumento** de la **función** + no es un tipo `numeric` y que, por lo tanto, la operación no es posible. Tampoco podemos agregar texto a texto, pero veremos más adelante cómo *concatenar* dos cadenas de texto.

```
myText <- "qwerty"
typeof(myText)
```

```
## [1] "character"
```

```
myText2 <- 5
typeof(myText2)
```

```
## [1] "double"
```

```
myText3 <- "5"
typeof(myText3)
```

```
## [1] "character"
```

```
myText2 + 10
```

```
## [1] 15
```

```
as.character(5)
```

```
## [1] "5"
```

```
# myText3 + 10 # Error in myText3 + 10 : non-numeric argument to binary operator
# "a" + "b" # Error in "a" + "b" : non-numeric argument to binary operator
```

Para resumir, el tipo `character` permite el ingreso de texto, podemos reconocerlo con comillas simples o dobles.

7.3 El tipo `factor`

El tipo `factor` corresponde a los factores. Los factores son una elección dentro de una lista finita de posibilidades. Por ejemplo, los países son factores porque existe una lista finita de países en el mundo en un momento dado. Un factor puede definirse con la función `factor()` o transformarse utilizando la función `as.factor()`. Al igual que con otros tipos de datos, podemos usar la función `is.factor()` para verificar el tipo de datos. Para obtener una lista de todas las posibilidades, existe la función `levels()` (esta función tendrá más sentido cuando nos acerquemos a los tipos de contenedores de información).

```
factor01 <- factor("aaa")
print(factor01)
```

```
## [1] aaa
## Levels: aaa
```

```
typeof(factor01)
```

```
## [1] "integer"
```

```
is.factor(factor01)
```

```
## [1] TRUE
```

```
levels(factor01)
```

```
## [1] "aaa"
```

Un factor se puede transformar en texto con la función `as.character()` pero también en número con `as.numeric()`. Al cambiar al tipo `numeric`, cada factor toma el valor de su posición en la lista de posibilidades. En nuestro caso, solo hay una posibilidad, por lo que la función `as.numeric()` devolverá 1:

```
factor01 <- factor("aaa")
as.character(factor01)
```

```
## [1] "aaa"
```

```
as.numeric(factor01)
```

```
## [1] 1
```

7.4 El tipo `logical`

El tipo `logical` corresponde a los valores `TRUE` y `FALSE` (y `NA`) que ya hemos visto con los operadores de comparación.

```
aLogic <- TRUE
print(aLogic)
```

```
## [1] TRUE
```

```
typeof(aLogic)
```

```
## [1] "logical"
```

```
is.logical(aLogic)
```

```
## [1] TRUE
```

```
aLogic + 1
```

```
## [1] 2
```

```
as.numeric(aLogic)
```

```
## [1] 1
```

```
as.character(aLogic)
```

```
## [1] "TRUE"
```

7.5 Acerca de `NA`

El valor `NA` se puede usar para especificar que no hay datos o datos faltantes. Por defecto, `NA` es `logical`, pero se puede usar para texto o números.

```
print(NA)
```

```
## [1] NA
```

```
typeof(NA)
```

```
## [1] "logical"
```

```
typeof(as.integer(NA))
```

```
## [1] "integer"
```

```
typeof(as.character(NA))
```

```
## [1] "character"
```

```
NA == TRUE
```

```
## [1] NA
```

```
NA == FALSE
```

```
## [1] NA
```

```
NA > 1
```

```
## [1] NA
```

```
NA + 1
```

```
## [1] NA
```

7.6 Conclusión

Felicitaciones, hemos llegado al final de este capítulo sobre los tipos de datos. Ahora sabemos:

- Reconocer y hacer objetos en los principales tipos de datos
- Transformar tipos de datos de un tipo a otro

Este capítulo es la base para el próximo capítulo sobre contenedores de datos.

Chapter 8

Contenedores de datos

Hasta ahora hemos creado objetos simples que contienen solo un valor. Sin embargo, pudimos ver que un objeto tenía atributos diferentes, como su valor, pero también el tipo de datos contenidos (e.g., `numeric`, `character`). Ahora vamos a ver que hay diferentes tipos de contenedores para almacenar datos múltiples.

8.1 El contenedor `vector`

En R, un `vector` es una combinación de datos con la particularidad de que todos los datos contenidos en un `vector` son del mismo tipo. Podemos almacenar por ejemplo múltiples elementos del tipo `character` o `numeric` en un `vector`, pero no ambos. El contenedor `vector` es importante porque es el elemento básico de R.

8.1.1 Crear un `vector`

Para crear un `vector` utilizaremos la función `c()` que permite combinar elementos en un `vector`. Los elementos para combinar deben estar separados por comas.

```
miVec01 <- c(1, 2, 3, 4) # un vector de 4 elementos de tipo numeric ; double
print(miVec01)
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

```
typeof(miVec01)
```

```
## [1] "double"
```

```
is.vector(miVec01)
```

```
## [1] TRUE
```

La funcion `is.vector()` permite verificar el tipo de contenedor.

```
miVec02 <- c("a", "b", "c")
print(miVec02)
```

```
## [1] "a" "b" "c"
```

```r
typeof(miVec02)
```

```
## [1] "character"
```

```r
is.vector(miVec02)
```

```
## [1] TRUE
```

```r
miVec03 <- c(TRUE, FALSE, FALSE, TRUE)
print(miVec03)
```

```
## [1]  TRUE FALSE FALSE  TRUE
```

```r
typeof(miVec03)
```

```
## [1] "logical"
```

```r
is.vector(miVec03)
```

```
## [1] TRUE
```

```r
miVecNA <- c(1, NA, 3, NA, 5)
print(miVecNA)
```

```
## [1]  1 NA  3 NA  5
```

```r
typeof(miVecNA)
```

```
## [1] "double"
```

```r
is.vector(miVecNA)
```

```
## [1] TRUE
```

```r
miVec04 <- c(1, "a")
print(miVec04)
```

```
## [1] "1" "a"
```

```r
typeof(miVec04)
```

```
## [1] "character"
```

```r
is.vector(miVec04)
```

```
## [1] TRUE
```

Si combinamos diferentes tipos de datos, R intentará transformar los elementos en un tipo de forma predeterminada. Si como aquí en el objeto `miVec03` tenemos los tipos `character` y `numeric`, R convertirá todos los elementos en `character`.

```
miVec05 <- c(factor("abc"), "def")
print(miVec05)
```

```
## [1] "1"   "def"
```

```
typeof(miVec05)
```

```
## [1] "character"
```

```
miVec06 <- c(TRUE, "def")
print(miVec06)
```

```
## [1] "TRUE" "def"
```

```
typeof(miVec06)
```

```
## [1] "character"
```

```
miVec07 <- c(factor("abc"), 55)
print(miVec07)
```

```
## [1]  1 55
```

```
typeof(miVec07)
```

```
## [1] "double"
```

```
miVec08 <- c(TRUE, 55)
print(miVec08)
```

```
## [1]  1 55
```

```
typeof(miVec08)
```

```
## [1] "double"
```

También podemos combinar objetos existentes dentro de un `vector`.

```
miVec09 <- c(miVec02, "d", "e", "f")
print(miVec09)
```

```
## [1] "a" "b" "c" "d" "e" "f"
```

```
miVec10 <- c("aaa", "aa", miVec09, "d", "e", "f")
print(miVec10)
```

```
##  [1] "aaa" "aa"  "a"   "b"   "c"   "d"   "e"   "f"   "d"   "e"   "f"
```

```
miVec11 <- c(789, miVec01 , 564)
print(miVec11)
```

```
## [1] 789   1   2   3   4 564
```

8.1.2 Hacer operaciones con un `vector`

También podemos realizar operaciones en un `vector`.

```
print(miVec01)
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

```
miVec01 + 1
```

```
## [1] 2 3 4 5
```

```
miVec01 - 1
```

```
## [1] 0 1 2 3
```

```
miVec01 * 2
```

```
## [1] 2 4 6 8
```

```
miVec01 /10
```

```
## [1] 0.1 0.2 0.3 0.4
```

Las operaciones de un `vector` a otro también son posibles, pero se debe tener cuidado para asegurar que el número de elementos en un `vector` sea el mismo que el otro, de lo contrario R realizará el cálculo comenzando desde el inicio del `vector` mas pequeño. Aquí hay un ejemplo para ilustrar lo que R hace:

```
miVec12 <- c(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)
print(miVec12)
```

```
## [1] 1 1 1 1 1 1 1 1 1
```

```
miVec13 <- c(10, 20, 30)
print(miVec13)
```

```
## [1] 10 20 30
```

```
miVec12 + miVec13 # vectores de diferentes tamaños: atención al resultado
```

```
## [1] 11 21 31 11 21 31 11 21 31
```

```
miVec14 <- c(10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90)
print(miVec14)
```

```
## [1] 10 20 30 40 50 60 70 80 90
```

```
miVec12 + miVec14 # los vectores tienen el mismo tamaño
```

```
## [1] 11 21 31 41 51 61 71 81 91
```

```
miVec15 <- c(1, 1, 1, 1)
print(miVec15)
```

```
## [1] 1 1 1 1
```

```
miVec15 + miVec13 # vectores de diferentes tamaños y no múltiples
```

```
## Warning in miVec15 + miVec13: la taille d'un objet plus long n'est pas
## multiple de la taille d'un objet plus court
```

```
## [1] 11 21 31 11
```

8.1.3 Acceder a los valores de un `vector`

Suele pasar que sea necesario poder acceder a los valores de un `vector`, es decir, recuperar un valor o un grupo de valores dentro de un `vector`. Para acceder a un elemento de un `vector` usamos los corchetes `[]`. Entre los corchetes, podemos usar un número correspondiente al número del elemento en el `vector`.

```
miVec20 <- c(10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90)
miVec21 <- c("a", "b", "c", "d", "e", "f", "g", "h", "i")
print(miVec20)
```

```
## [1] 10 20 30 40 50 60 70 80 90
```

```
print(miVec21)
```

```
## [1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i"
```

```
print(miVec20[1])
```

```
## [1] 10
```

```
print(miVec21[3])
```

```
## [1] "c"
```

También podemos usar la combinación de diferentes elementos (otro `vector`).

```
print(miVec20[c(1, 5, 9)])
```

```
## [1] 10 50 90
```

```
print(miVec21[c(4, 3, 1)])
```

```
## [1] "d" "c" "a"
```

```
print(miVec21[c(4, 4, 3, 4, 3, 2, 5)])
```

```
## [1] "d" "d" "c" "d" "c" "b" "e"
```

También podemos seleccionar elementos usando un operador de comparación o un operador lógico.

```
print(miVec20[miVec20 >= 50])
```

```
## [1] 50 60 70 80 90
```

```
print(miVec20[(miVec20 >= 50) & ((miVec20 < 80))])
```

```
## [1] 50 60 70
```

```
print(miVec20[miVec20 != 50])
```

```
## [1] 10 20 30 40 60 70 80 90
```

```
print(miVec20[miVec20 == 30])
```

```
## [1] 30
```

```
print(miVec20[(miVec20 == 30) | (miVec20 == 50)])
```

```
## [1] 30 50
```

```
print(miVec21[miVec21 == "a"])
```

```
## [1] "a"
```

Otra característica interesante es la posibilidad de condicionar los elementos a seleccionar en base a otro `vector`.

```
print(miVec21[miVec20 >= 50])
```

```
## [1] "e" "f" "g" "h" "i"
```

```
print(miVec21[(miVec20 >= 50) & ((miVec20 < 80))])
```

```
## [1] "e" "f" "g"
```

```
print(miVec21[miVec20 != 50])
```

```
## [1] "a" "b" "c" "d" "f" "g" "h" "i"
```

```
print(miVec21[miVec20 == 30])
```

```
## [1] "c"
```

```
print(miVec21[(miVec20 == 30) | (miVec20 == 50)])
```

```
## [1] "c" "e"
```

```
print(miVec21[(miVec20 == 30) | (miVec21 == "h")])
```

```
## [1] "c" "h"
```

También es posible excluir ciertos elementos en lugar de seleccionarlos.

```
print(miVec20[-1])
```

```
## [1] 20 30 40 50 60 70 80 90
```

```
print(miVec21[-5])
```

```
## [1] "a" "b" "c" "d" "f" "g" "h" "i"
```

```
print(miVec20[-c(1, 2, 5)])
```

```
## [1] 30 40 60 70 80 90
```

```
print(miVec21[-c(1, 2, 5)])
```

```
## [1] "c" "d" "f" "g" "h" "i"
```

Los elementos de un `vector` también se pueden seleccionar sobre la base de un `vector` tipo `logical`. En este caso, solo se seleccionarán elementos con un valor `TRUE`.

```
miVec22 <- c(TRUE, TRUE, FALSE, TRUE, FALSE, TRUE, FALSE, TRUE, TRUE)
print(miVec21[miVec22])
```

```
## [1] "a" "b" "d" "f" "h" "i"
```

8.1.4 Dar nombres a los elementos de un `vector`

Los elementos de un `vector` se pueden nombrar para referenciarlos y luego selectionarlos. La función `names()` recupera los nombres de los elementos de un vector.

```
miVec23 <- c(aaa = 10, bbb = 20, ccc = 30, ddd = 40, eee = 50)
print(miVec23)
```

```
## aaa bbb ccc ddd eee
##  10  20  30  40  50
```

```
print(miVec23["bbb"])
```

```
## bbb
##  20
```

```
print(miVec23[c("bbb", "ccc", "bbb")])
```

```
## bbb ccc bbb
##  20  30  20
```

```
names(miVec23)
```

```
## [1] "aaa" "bbb" "ccc" "ddd" "eee"
```

8.1.5 Editar los elementos de un `vector`

Para modificar un `vector`, operamos de la misma manera que para modificar un objeto simple, con el signo <- y el elemento o los elementos a modificar entre corchetes.

```
print(miVec21)
```

```
## [1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i"
```

```
miVec21[3] <- "zzz"
print(miVec21)
```

```
## [1] "a"   "b"   "zzz" "d"   "e"   "f"   "g"   "h"   "i"
```

```
miVec21[(miVec20 >= 50) & ((miVec20 < 80))] <- "qwerty"
print(miVec21)
```

```
## [1] "a"      "b"      "zzz"    "d"      "qwerty" "qwerty" "qwerty" "h"
## [9] "i"
```

```
print(miVec23)
```

```
## aaa bbb ccc ddd eee
##  10  20  30  40  50
```

```
miVec23["ccc"] <- miVec23["ccc"] + 100
print(miVec23)
```

```
## aaa bbb ccc ddd eee
##  10  20 130  40  50
```

También podemos cambiar los nombres asociados con los elementos de un `vector`.

```
print(miVec23)
```

```
## aaa bbb ccc ddd eee
##  10  20 130  40  50
```

```
names(miVec23)[2] <- "bb_bb"
print(miVec23)
```

```
##   aaa bb_bb   ccc   ddd   eee
##    10    20   130    40    50
```

Podemos hacer mucho más con un `vector` y volveremos a su manejo y operaciones posibles en el capítulo sobre funciones.

8.2 El contenedor `list`

El segundo tipo de contenedor que vamos a presentar es el contenedor `list`, que es también el segundo contenedor después del tipo`vector` debido a su importancia en la programación con R. El contenedor de tipo `list` le permite almacenar **listas** de elementos. Contrariamente a lo que vimos antes con el tipo `vector`, los elementos del tipo `list` pueden ser diferentes (por

ejemplo, un `vector` de tipo `numeric`, luego un `vector` de tipo `character`). Los elementos del tipo `list` también pueden ser contenedores diferentes (por ejemplo, un `vector`, luego una `list`). El tipo de contenedor `list` tendrá mas sentido cuando hayamos estudiado los **bucles** y **funciones** de la familia `apply`.

8.2.1 Crear una `list`

Para crear una `list` usaremos la función `list()`, que toma elementos (objetos) como argumentos.

```
miList01 <- list()
print(miList01)
```

```
## list()
```

```
miList02 <- list(5, "qwerty", c(4, 5, 6), c("a", "b", "c"))
print(miList02)
```

```
## [[1]]
## [1] 5
##
## [[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[3]]
## [1] 4 5 6
##
## [[4]]
## [1] "a" "b" "c"
```

```
miList03 <- list(5, "qwerty", list(c(4, 5, 6), c("a", "b", "c")))
print(miList03)
```

```
## [[1]]
## [1] 5
##
## [[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[3]]
## [[3]][[1]]
## [1] 4 5 6
##
## [[3]][[2]]
## [1] "a" "b" "c"
```

La función `is.list()` se usa para probar si hemos creado un objeto de tipo `list`.

```
is.list(miList02)
```

```
## [1] TRUE
```

```
typeof(miList02)
```

```
## [1] "list"
```

8.2.2 Acceder a los valores de una `list`

Los elementos del contenedor `list` son identificables por los corchetes dobles `[[ ]]`.

```
print(miList02)
```

```
## [[1]]
## [1] 5
##
## [[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[3]]
## [1] 4 5 6
##
## [[4]]
## [1] "a" "b" "c"
```

En el objeto de tipo `list` `miList02`, hay cuatro elementos identificables con `[[1]]`, `[[2]]`, `[[3]]` y `[[4]]`. Cada uno de los elementos es de tipo `vector`. El primer elemento tiene un tamaño de 1 con elementos del tipo `double`, el segundo elemento tiene un tamaño de 1 con elementos del tipo `character`, el tercero elemento tiene un tamaño de 3 con elementos del tipo `double`, y el cuarto elemento tiene un tamaño de 3 con elementos del tipo `character`.

```
typeof(miList02)
```

```
## [1] "list"
```

```
print(miList02[[1]])
```

```
## [1] 5
```

```
typeof(miList02[[1]])
```

```
## [1] "double"
```

```
print(miList02[[2]])
```

```
## [1] "qwerty"
```

```
typeof(miList02[[2]])
```

```
## [1] "character"
```

```
print(miList02[[3]])
```

```
## [1] 4 5 6
```

```
typeof(miList02[[3]])
```

```
## [1] "double"
```

```
print(miList02[[4]])
```

```
## [1] "a" "b" "c"
```

```
typeof(miList02[[4]])
```

```
## [1] "character"
```

El acceso al segundo elemento del `vector` ubicado en la cuarta posición de la `list` se hace con `miList02[[4]][2]`. Usamos doble corchetes para el cuarto elemento de la `list`, luego corchetes simples para el segundo elemento del `vector`.

```
print(miList02[[4]][2])
```

```
## [1] "b"
```

Como una `list` puede contener una o más `list`, podemos acceder a la información buscada combinando corchetes dobles. El objeto `miList04` es una `list` de dos elementos: la `list` `miList02` y la `list` `miList03`. El objeto `miList03` en sí contiene una `list` como tercer elemento. Para acceder al primer elemento del `vector` en la primera posición del elemento en la tercera posición del segundo elemento del `list` `miList04`, podemos usar `miList04[[2]][[3]][[1]][1]`. No hay límite en cuanto a la profundidad de `list` pero en la práctica raramente hay necesidad de hacer `list` de `list` de `list`.

```
miList04 <- list(miList02, miList03)
print(miList04)
```

```
## [[1]]
## [[1]][[1]]
## [1] 5
##
## [[1]][[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[1]][[3]]
## [1] 4 5 6
##
## [[1]][[4]]
## [1] "a" "b" "c"
##
##
## [[2]]
## [[2]][[1]]
## [1] 5
##
## [[2]][[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[2]][[3]]
## [[2]][[3]][[1]]
## [1] 4 5 6
##
## [[2]][[3]][[2]]
## [1] "a" "b" "c"
```

```
print(miList04[[2]][[3]][[1]][1])
```

```
## [1] 4
```

Para concretar el ejemplo anterior, podemos imaginar especies de barrenadores del maíz (*Sesamia nonagrioides* y *Ostrinia nubilalis*), muestreados en diferentes sitios, con diferentes abundancias en cuatro fechas. Aquí daremos nombres a los elementos de las `list`.

```
bddInsect <- list(Snonagrioides = list(site01 = c(12, 5, 8, 7), site02 = c(5, 23, 4, 41), site03 = c(12
print(bddInsect)
```

```
## $Snonagrioides
## $Snonagrioides$site01
## [1] 12  5  8  7
##
## $Snonagrioides$site02
## [1]  5 23  4 41
##
## $Snonagrioides$site03
## [1] 12  0  0  0
##
##
## $Onubilalis
## $Onubilalis$site01
## [1] 12  1  2  3
##
## $Onubilalis$site02
## [1] 0 0 0 1
##
## $Onubilalis$site03
## [1] 1 1 2 3
```

Leer una larga línea de código como la línea para crear el objeto `bddInsect` resulta difícil porque la profundidad de los elementos solo se puede deducir de los paréntesis. Es por eso que vamos a reorganizar el código para que sea más legible mediante el **margen adicional**. El margen adicional implica poner información en diferentes niveles para que podamos identificar rápidamente los diferentes niveles de un código. Para aplicar el margen adicional se presiona la tecla de tabulación. Volveremos al margen adicional con más detalles en el capítulo sobre **bucles**. Recordemos por el momento que si una línea de código es demasiado larga, podemos saltar de línea y usar el margen adicional. R leerá todo como una sola línea de código.

```
bddInsect <- list(
  Snonagrioides = list(
    site01 = c(12, 5, 8, 7),
    site02 = c(5, 23, 4, 41),
    site03 = c(12, 0, 0, 0)
  ),
  Onubilalis = list(
    site01 = c(12, 1, 2, 3),
    site02 = c(0, 0, 0, 1),
    site03 = c(1, 1, 2, 3)
  )
)
```

Podemos seleccionar los datos de abundancia del segundo sitio de la primera especie como previamente `bddInsect[[1]][[2]]`, o alternativamente usando los nombres de los elementos `bddInsect$Snonagrioides$site02`. Para hacer esto usamos el

signo $, o como alternativa el nombre de los elementos con comillas simples o dobles `bddInsect[['Snonagrioides']][['sitio02']]`.

```
print(bddInsect[[1]][[2]])
```

```
## [1]  5 23  4 41
```

```
print(bddInsect$Snonagrioides$site02)
```

```
## [1]  5 23  4 41
```

```
print(bddInsect[['Snonagrioides']][['site02']])
```

```
## [1]  5 23  4 41
```

En cuanto a los vectores, podemos recuperar los nombres de los elementos con la función `names()`.

```
names(bddInsect)
```

```
## [1] "Snonagrioides" "Onubilalis"
```

```
names(bddInsect[[1]])
```

```
## [1] "site01" "site02" "site03"
```

Cuando usamos los corchetes dobles `[[]]` o el signo $, R devuelve el contenido del elemento seleccionado. En nuestro ejemplo, los datos de abundancia están contenidos como un `vector`, por lo que R devuelve un elemento del tipo `vector`. Si queremos seleccionar un elemento de una `list` pero manteniendo el formato `list`, entonces podemos usar corchetes simples `[]`.

```
print(bddInsect[[1]][[2]])
```

```
## [1]  5 23  4 41
```

```
typeof(bddInsect[[1]][[2]])
```

```
## [1] "double"
```

```
is.list(bddInsect[[1]][[2]])
```

```
## [1] FALSE
```

```
print(bddInsect[[1]][2])
```

```
## $site02
## [1]  5 23  4 41
```

```
typeof(bddInsect[[1]][2])
```

```
## [1] "list"
```

```
is.list(bddInsect[[1]][2])
```

```
## [1] TRUE
```

El uso de corchetes simples `[]` es útil cuando queremos recuperar varios elementos de una `list`. Por ejemplo, para seleccionar las abundancias de insectos de los primeros dos sitios de la primera especie, usaremos `bddInsect [[1]][c(1, 2)]` o alternativamente `bddInsect[[1]][c("site01", "sitio02")]`.

```
print(bddInsect[[1]][c(1, 2)])
```

```
## $site01
## [1] 12  5  8  7
##
## $site02
## [1]  5 23  4 41
```

```
print(bddInsect[[1]][c("site01", "site02")])
```

```
## $site01
## [1] 12  5  8  7
##
## $site02
## [1]  5 23  4 41
```

8.2.3 Editar una `list`

Una `list` se puede modificar de la misma manera que para el contenedor `vector`, es decir, haciendo referencia con corchetes al elemento que queremos modificar.

```
print(miList02)
```

```
## [[1]]
## [1] 5
##
## [[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[3]]
## [1] 4 5 6
##
## [[4]]
## [1] "a" "b" "c"
```

```
miList02[[1]] <- 12
print(miList02)
```

```
## [[1]]
## [1] 12
##
## [[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[3]]
## [1] 4 5 6
##
## [[4]]
```

```
## [1] "a" "b" "c"
```

```
miList02[[4]] <- c("d", "e", "f")
print(miList02)
```

```
## [[1]]
## [1] 12
##
## [[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[3]]
## [1] 4 5 6
##
## [[4]]
## [1] "d" "e" "f"
```

```
miList02[[4]] <- c("a", "b", "c", miList02[[4]], "g", "h", "i")
print(miList02)
```

```
## [[1]]
## [1] 12
##
## [[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[3]]
## [1] 4 5 6
##
## [[4]]
## [1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i"
```

```
miList02[[4]][5] <- "eee"
print(miList02)
```

```
## [[1]]
## [1] 12
##
## [[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[3]]
## [1] 4 5 6
##
## [[4]]
## [1] "a"   "b"   "c"   "d"   "eee" "f"   "g"   "h"   "i"
```

```
miList02[[3]] <- miList02[[3]] * 10 - 1
print(miList02)
```

```
## [[1]]
## [1] 12
##
```

```
## [[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[3]]
## [1] 39 49 59
##
## [[4]]
## [1] "a"   "b"   "c"   "d"   "eee" "f"   "g"   "h"   "i"
```

```
miList02[[3]][2] <- miList02[[1]] * 100
print(miList02)
```

```
## [[1]]
## [1] 12
##
## [[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[3]]
## [1]   39 1200   59
##
## [[4]]
## [1] "a"   "b"   "c"   "d"   "eee" "f"   "g"   "h"   "i"
```

```
print(bddInsect)
```

```
## $Snonagrioides
## $Snonagrioides$site01
## [1] 12  5  8  7
##
## $Snonagrioides$site02
## [1]  5 23  4 41
##
## $Snonagrioides$site03
## [1] 12  0  0  0
##
##
## $Onubilalis
## $Onubilalis$site01
## [1] 12  1  2  3
##
## $Onubilalis$site02
## [1] 0 0 0 1
##
## $Onubilalis$site03
## [1] 1 1 2 3
```

```
bddInsect[['Snonagrioides']][['site02']] <- c(2, 4, 6, 8)
print(bddInsect)
```

```
## $Snonagrioides
## $Snonagrioides$site01
## [1] 12  5  8  7
```

```
##
## $Snonagrioides$site02
## [1] 2 4 6 8
##
## $Snonagrioides$site03
## [1] 12  0  0  0
##
##
## $Onubilalis
## $Onubilalis$site01
## [1] 12  1  2  3
##
## $Onubilalis$site02
## [1] 0 0 0 1
##
## $Onubilalis$site03
## [1] 1 1 2 3
```

Para combinar dos `list`, simplemente usamos la función `c()` que hemos usado para crear un `vector`.

```
miList0203 <- c(miList02, miList03)
print(miList0203)
```

```
## [[1]]
## [1] 12
##
## [[2]]
## [1] "qwerty"
##
## [[3]]
## [1]   39 1200   59
##
## [[4]]
## [1] "a"   "b"   "c"   "d"   "eee" "f"   "g"   "h"   "i"
##
## [[5]]
## [1] 5
##
## [[6]]
## [1] "qwerty"
##
## [[7]]
## [[7]][[1]]
## [1] 4 5 6
##
## [[7]][[2]]
## [1] "a" "b" "c"
```

Un objeto de tipo `list` se puede transformar en `vector` con la función `unlist()` si el formato de los elementos de la lista lo permite (un `vector` solo puede contener elementos del mismo tipo).

```
miList05 <- list("a", c("b", "c"), "d")
print(miList05)
```

```
## [[1]]
## [1] "a"
##
## [[2]]
## [1] "b" "c"
##
## [[3]]
## [1] "d"
```

```
miVec24 <- unlist(miList05)
print(miVec24)
```

```
## [1] "a" "b" "c" "d"
```

```
miList06 <- list(c(1, 2, 3), c(4, 5, 6, 7), 8, 9, c(10, 11))
print(miList06)
```

```
## [[1]]
## [1] 1 2 3
##
## [[2]]
## [1] 4 5 6 7
##
## [[3]]
## [1] 8
##
## [[4]]
## [1] 9
##
## [[5]]
## [1] 10 11
```

```
miVec25 <- unlist(miList06)
print(miVec25)
```

```
##  [1]  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11
```

Para agregar un elemento a una `list`, podemos usar la función `c()` o los corchetes dobles `[[ ]]`.

```
print(miList05)
```

```
## [[1]]
## [1] "a"
##
## [[2]]
## [1] "b" "c"
##
## [[3]]
## [1] "d"
```

```
miList05 <- c(miList05, "e")
print(miList05)
```

```
## [[1]]
## [1] "a"
##
## [[2]]
## [1] "b" "c"
##
## [[3]]
## [1] "d"
##
## [[4]]
## [1] "e"
```

```
miList05[[5]] <- c("fgh", "ijk")
print(miList05)
```

```
## [[1]]
## [1] "a"
##
## [[2]]
## [1] "b" "c"
##
## [[3]]
## [1] "d"
##
## [[4]]
## [1] "e"
##
## [[5]]
## [1] "fgh" "ijk"
```

Para eliminar un elemento de una `list`, la técnica más rápida es establecer `NULL` en el elemento que deseamos eliminar.

```
print(miList05)
```

```
## [[1]]
## [1] "a"
##
## [[2]]
## [1] "b" "c"
##
## [[3]]
## [1] "d"
##
## [[4]]
## [1] "e"
##
## [[5]]
## [1] "fgh" "ijk"
```

```
miList05[[2]] <- NULL
print(miList05)
```

```
## [[1]]
## [1] "a"
```

```
##
## [[2]]
## [1] "d"
##
## [[3]]
## [1] "e"
##
## [[4]]
## [1] "fgh" "ijk"
```

8.3 El contenedor `data.frame`

El contenedor `data.frame` se puede comparar a una *tabla*. Este es en realidad un caso especial de `list` donde todos los elementos de la `list` tienen el mismo tamaño.

8.3.1 Crear un `data.frame`

Para crear un `data.frame` usamos la función `data.frame()` que toma como argumentos los elementos de la tabla que queremos crear. Los elementos son del tipo `vector` y son todos del mismo tamaño. Podemos dar un nombre a cada *columna* (`vector`) de nuestra *tabla* (`data.frame`).

```r
# crear un data.frame
miDf01 <- data.frame(
  numbers = c(1, 2, 3, 4),
  logicals = c(TRUE, TRUE, FALSE, TRUE),
  characters = c("a", "b", "c", "d")
)
print(miDf01)
```

```
##   numbers logicals characters
## 1       1     TRUE          a
## 2       2     TRUE          b
## 3       3    FALSE          c
## 4       4     TRUE          d
```

```r
# crear vectores, y el data.frame
numbers <- c(1, 2, 3, 4)
logicals <- c(TRUE, TRUE, FALSE, TRUE)
characters <- c("a", "b", "c", "d")
miDf01 <- data.frame(numbers, logicals, characters)
print(miDf01)
```

```
##   numbers logicals characters
## 1       1     TRUE          a
## 2       2     TRUE          b
## 3       3    FALSE          c
## 4       4     TRUE          d
```

8.3.2 Acceder a los elementos de un `data.frame`

El acceso a los diferentes valores de un `data.frame` se puede hacer de la misma manera que para un contenedor de tipo `list`.

```
print(miDf01$numbers) # vector
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

```
print(miDf01[[1]]) # vector
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

```
print(miDf01[1]) # list
```

```
##   numbers
## 1       1
## 2       2
## 3       3
## 4       4
```

```
print(miDf01["numbers"]) # list
```

```
##   numbers
## 1       1
## 2       2
## 3       3
## 4       4
```

```
print(miDf01[["numbers"]]) # vector
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

También podemos usar otra forma que consiste en especificar la línea o las líneas seguidas de una coma (con un espacio después de la coma), y luego la columna o columnas entre corchetes. Si se omite la información de línea o columna, R mostrará todas las líneas o columnas. Nuevamente podemos usar el número correspondiente a un elemento o el nombre del elemento que queremos seleccionar.

```
myRow <- 2
myCol <- 1
print(miDf01[myRow, myCol])
```

```
## [1] 2
```

```
print(miDf01[myRow, ])
```

```
##   numbers logicals characters
## 2       2     TRUE          b
```

```
print(miDf01[, myCol])
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

```
myCol <- "numbers"
print(miDf01[, myCol])
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

Es posible seleccionar múltiples líneas o columnas.

```
print(miDf01[, c(1, 2)])
```

```
##   numbers logicals
## 1       1     TRUE
## 2       2     TRUE
## 3       3    FALSE
## 4       4     TRUE
```

```
print(miDf01[c(2, 1), ])
```

```
##   numbers logicals characters
## 2       2     TRUE          b
## 1       1     TRUE          a
```

Como cada columna está en formato `vector`, también podemos hacer una selección que depende del contenido con operadores de comparación y operadores lógicos.

```
miDfSub01 <- miDf01[miDf01$numbers > 2, ]
print(miDfSub01)
```

```
##   numbers logicals characters
## 3       3    FALSE          c
## 4       4     TRUE          d
```

```
miDfSub02 <- miDf01[(miDf01$logicals == TRUE) & (miDf01$numbers < 2), ]
print(miDfSub02)
```

```
##   numbers logicals characters
## 1       1     TRUE          a
```

```
miDfSub03 <- miDf01[(miDf01$numbers %% 2) == 0, ]
print(miDfSub03)
```

```
##   numbers logicals characters
## 2       2     TRUE          b
## 4       4     TRUE          d
```

```
miDfSub04 <- miDf01[((miDf01$numbers %% 2) == 0) | (miDf01$logicals == TRUE), ]
print(miDfSub04)
```

```
##   numbers logicals characters
## 1       1     TRUE          a
## 2       2     TRUE          b
## 4       4     TRUE          d
```

8.3.3 Modificar un `data.frame`

Para agregar un elemento a un `data.frame`, procedemos como para un contenedor de tipo `list`. Es necesario asegurarse de que el nuevo elemento sea del mismo tamaño que los otros elementos de nuestro `data.frame`. Por defecto, un nuevo elemento en `data.frame` toma el nombre de la letra *V* seguido del número de la columna. Podemos cambiar los nombres de las columnas con la función `colnames()`. Podemos nombrar las líneas con la función `rownames()`.

```
newVec <- c(4, 5, 6, 7)
miDf01[[4]] <- newVec
print(miDf01)
```

```
##   numbers logicals characters V4
## 1       1     TRUE          a  4
## 2       2     TRUE          b  5
## 3       3    FALSE          c  6
## 4       4     TRUE          d  7
```

```
print(colnames(miDf01))
```

```
## [1] "numbers"    "logicals"   "characters" "V4"
```

```
colnames(miDf01)[4] <- "newVec"
print(miDf01)
```

```
##   numbers logicals characters newVec
## 1       1     TRUE          a      4
## 2       2     TRUE          b      5
## 3       3    FALSE          c      6
## 4       4     TRUE          d      7
```

```
print(rownames(miDf01))
```

```
## [1] "1" "2" "3" "4"
```

```
rownames(miDf01) <- c("row1", "row2", "row3", "row4")
print(miDf01)
```

```
##      numbers logicals characters newVec
## row1       1     TRUE          a      4
## row2       2     TRUE          b      5
## row3       3    FALSE          c      6
## row4       4     TRUE          d      7
```

```
newVec2 <- c(40, 50, 60, 70)
miDf01$newVec2 <- newVec2
print(miDf01)
```

```
##      numbers logicals characters newVec newVec2
## row1       1     TRUE          a      4      40
## row2       2     TRUE          b      5      50
## row3       3    FALSE          c      6      60
## row4       4     TRUE          d      7      70
```

Como el contenedor de tipo `data.frame` es un caso especial de `list`, la selección y modificación se realiza como un contenedor de tipo `list`. Dado que los elementos de un `data.frame` son del tipo `vector`, la selección y la modificación de los elementos de un `data.frame` se hace como para un contenedor `vector`.

```
miDf01$newVec2 <- miDf01$newVec2 * 2
print(miDf01)
```

```
##      numbers logicals characters newVec newVec2
## row1       1     TRUE          a      4      80
## row2       2     TRUE          b      5     100
## row3       3    FALSE          c      6     120
## row4       4     TRUE          d      7     140
```

```
miDf01$newVec2 + miDf01$newVec
```

```
## [1]  84 105 126 147
```

```
miDf01$newVec2[2] <- 0
print(miDf01)
```

```
##      numbers logicals characters newVec newVec2
## row1       1     TRUE          a      4      80
## row2       2     TRUE          b      5       0
## row3       3    FALSE          c      6     120
## row4       4     TRUE          d      7     140
```

Un `vector` se puede transformar en `data.frame` con la función `as.data.frame()`.

```
print(newVec2)
```

```
## [1] 40 50 60 70
```

```
print(as.data.frame(newVec2))
```

```
##   newVec2
## 1      40
## 2      50
## 3      60
## 4      70
```

```
is.data.frame(newVec2)
```

```
## [1] FALSE
```

```
is.data.frame(as.data.frame(newVec2))
```

```
## [1] TRUE
```

8.4 El contenedor `matrix`

El contenedor `matrix` se puede ver como un `vector` de dos dimensiones: líneas y columnas. Corresponde a una matriz en matemáticas, y puede contener solo un tipo de datos (`logical`, `numeric`, `character`, ...).

8.4.1 Crear una `matrix`

Para crear una `matrix` primero creamos un `vector`, luego especificamos el número deseado de líneas y columnas en la función `matrix()`.

```
vecForMatrix <- c(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)
miMat <- matrix(vecForMatrix, nrow = 3, ncol = 4)
print(miMat)
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    4    7   10
## [2,]    2    5    8   11
## [3,]    3    6    9   12
```

No tenemos que especificar el número de líneas `nrow` y el número de columnas `ncol`. Si usamos uno u otro de estos argumentos, R calculará automáticamente el número correspondiente.

```
miMat <- matrix(vecForMatrix, nrow = 3)
print(miMat)
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    4    7   10
## [2,]    2    5    8   11
## [3,]    3    6    9   12
```

```
miMat <- matrix(vecForMatrix, ncol = 4)
print(miMat)
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    4    7   10
## [2,]    2    5    8   11
## [3,]    3    6    9   12
```

Observamos que los diferentes elementos del `vector` inicial aparecen por columna. Si queremos llenar la `matrix` empezando por línea, entonces tenemos que dar como valor `TRUE` al argumento `byrow`.

```
miMat <- matrix(vecForMatrix, nrow = 3, byrow = TRUE)
print(miMat)
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    2    3    4
## [2,]    5    6    7    8
## [3,]    9   10   11   12
```

También podemos dar un nombre a las líneas y columnas de nuestra `matrix` cuando se crea con el argumento `dimnames` que toma como valor una `list` de dos elementos: el nombre de las líneas y luego el nombre de las columnas. También podemos cambiar el nombre de las líneas y columnas a posteriori con las funciones `rownames()` y `colnames()`.

```
miMat <- matrix(
  vecForMatrix,
  nrow = 3,
  byrow = TRUE,
  dimnames = list(c("r1", "r2", "r3"), c("c1", "c2", "c3", "c4"))
```

```
)
print(miMat)
```

```
##    c1 c2 c3 c4
## r1  1  2  3  4
## r2  5  6  7  8
## r3  9 10 11 12
```

```
colnames(miMat) <- c("col1", "col2", "col3", "col4")
rownames(miMat) <- c("row1", "row2", "row3")
print(miMat)
```

```
##      col1 col2 col3 col4
## row1    1    2    3    4
## row2    5    6    7    8
## row3    9   10   11   12
```

Es posible crear una `matrix` desde un `data.frame` con la función `as.matrix()`. Tenemos que verificar que nuestra `data.frame` contenga solo elementos del mismo tipo (por ejemplo, elementos de tipo `numeric`).

```
vecForMat01 <- c(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)
vecForMat02 <- vecForMat01 * 10
vecForMat03 <- vecForMat01 / 10
dfForMat <- data.frame(vecForMat01, vecForMat02, vecForMat03)
print(dfForMat)
```

```
##    vecForMat01 vecForMat02 vecForMat03
## 1            1          10         0.1
## 2            2          20         0.2
## 3            3          30         0.3
## 4            4          40         0.4
## 5            5          50         0.5
## 6            6          60         0.6
## 7            7          70         0.7
## 8            8          80         0.8
## 9            9          90         0.9
## 10          10         100         1.0
## 11          11         110         1.1
## 12          12         120         1.2
```

```
is.matrix(dfForMat)
```

```
## [1] FALSE
```

```
as.matrix(dfForMat)
```

```
##       vecForMat01 vecForMat02 vecForMat03
##  [1,]           1          10         0.1
##  [2,]           2          20         0.2
##  [3,]           3          30         0.3
##  [4,]           4          40         0.4
##  [5,]           5          50         0.5
##  [6,]           6          60         0.6
```

```
##  [7,]           7          70         0.7
##  [8,]           8          80         0.8
##  [9,]           9          90         0.9
## [10,]          10         100         1.0
## [11,]          11         110         1.1
## [12,]          12         120         1.2
```

```
is.matrix(as.matrix(dfForMat))
```

```
## [1] TRUE
```

También podemos crear una `matrix` desde un `vector` con la función `as.matrix()` (matriz de una sola columna).

```
as.matrix(vecForMat01)
```

```
##       [,1]
##  [1,]    1
##  [2,]    2
##  [3,]    3
##  [4,]    4
##  [5,]    5
##  [6,]    6
##  [7,]    7
##  [8,]    8
##  [9,]    9
## [10,]   10
## [11,]   11
## [12,]   12
```

8.4.2 Manipular y hacer operaciones en una `matrix`

Todas las operaciones término a término son posibles con una `matrix`.

```
# operaciones término a término
miMat01 <- matrix(vecForMat01, ncol = 3)
miVecOp <- c(1, 10, 100, 1000)
miMat01 * miVecOp
```

```
##      [,1] [,2]  [,3]
## [1,]    1    5     9
## [2,]   20   60   100
## [3,]  300  700  1100
## [4,] 4000 8000 12000
```

```
miMat01 + miVecOp
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    2    6   10
## [2,]   12   16   20
## [3,]  103  107  111
## [4,] 1004 1008 1012
```

```
miMat01 / miMat01
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    1    1
## [2,]    1    1    1
## [3,]    1    1    1
## [4,]    1    1    1
```

```
miMat01 - 10
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]   -9   -5   -1
## [2,]   -8   -4    0
## [3,]   -7   -3    1
## [4,]   -6   -2    2
```

Para realizar operaciones algebraicas, podemos usar la función %*%.

```
# operaciones algebraicas
miVecConf <- c(1, 10, 100)
miMat01 %*% miVecConf
```

```
##      [,1]
## [1,]  951
## [2,] 1062
## [3,] 1173
## [4,] 1284
```

```
miMat02 <- matrix(c(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), ncol = 3)
print(miMat02)
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    4    7
## [2,]    2    5    8
## [3,]    3    6    9
```

```
miMat02 %*% miMat02
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]   30   66  102
## [2,]   36   81  126
## [3,]   42   96  150
```

La diagonal de una `matrix` se puede obtener con la función `diag()` y el determinante de una `matrix` con la función `det()`.

```
print(miMat02)
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    4    7
## [2,]    2    5    8
## [3,]    3    6    9
```

```
diag(miMat02)
```

```
## [1] 1 5 9
```

```
det(miMat02)
```

```
## [1] 0
```

Suele ser útil poder hacer una transposición de `matrix` (columnas en líneas o líneas en columnas). Para eso, están las funciones `aperm()` o `t()`. la función `t()` es más genérica y también funciona con `data.frame`.

```
aperm(miMat01)
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    2    3    4
## [2,]    5    6    7    8
## [3,]    9   10   11   12
```

```
t(miMat01)
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    2    3    4
## [2,]    5    6    7    8
## [3,]    9   10   11   12
```

8.4.3 Acceder a los elementos de una `matrix`

Tal como hemos hecho con los `data.frame`, podemos acceder a los elementos de una `matrix` especificando un número de línea y un número de columna entre corchetes simples `[ ]`, y separados por una coma. Si `i` es el número de línea y `j` es el número de columna, entonces `miMat01[i, j]` devuelve el elemento en la línea `i` y en la columna`j`. `miMat01[i,]` devuelve todos los elementos de la línea `i`, y `miMat01[, j]` todos los elementos de la columna `j`. Múltiples selecciones son posibles. También podemos acceder a un elemento de acuerdo con su posición en la `matrix` entre corchetes simples `[ ]` contando por columna y luego por línea. En nuestro ejemplo, el valor del décimo elemento es 10.

```
i <- 2
j <- 1
print(miMat01[i, j])
```

```
## [1] 2
```

```
print(miMat01[i, ])
```

```
## [1]  2  6 10
```

```
print(miMat01[, j])
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

```
print(miMat01[c(1, 2), c(2, 3)])
```

```
##      [,1] [,2]
## [1,]    5    9
## [2,]    6   10
```

```
print(miMat01[10])
```

```
## [1] 10
```

8.5 El contenedor `array`

El contenedor `array` es una generalización del contenedor de tipo `matrix`. Donde el tipo `matrix` tiene dos dimensiones (líneas y columnas), el tipo `array` tiene un número indefinido de dimensiones. Podemos saber el número de dimensiones de un `array` (y por lo tanto una `matrix`) con la función `dim()`.

```
dim(miMat01)
```

```
## [1] 4 3
```

8.5.1 Crear un `array`

La creación de una `array` es similar a la de una `matrix` con una dimensión extra.

```
miVecArr <- c(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)
miArray <- array(miVecArr, dim = c(3, 3, 2))
print(miArray)
```

```
## , , 1
##
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    4    7
## [2,]    2    5    8
## [3,]    3    6    9
##
## , , 2
##
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    4    7
## [2,]    2    5    8
## [3,]    3    6    9
```

```
dim(miArray)
```

```
## [1] 3 3 2
```

```
is.array(miArray)
```

```
## [1] TRUE
```

```
miVecArr02 <- 10 * miVecArr
miArray02 <- array(c(miVecArr, miVecArr02), dim = c(3, 3, 2))
print(miArray02)
```

```
## , , 1
##
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    4    7
## [2,]    2    5    8
## [3,]    3    6    9
##
## , , 2
##
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]   10   40   70
## [2,]   20   50   80
## [3,]   30   60   90
```

```
dim(miArray02)
```

```
## [1] 3 3 2
```

```
is.array(miArray02)
```

```
## [1] TRUE
```

Podemos dar nombres a líneas y columnas, pero también a elementos.

```
miArray02 <- array(
  c(miVecArr, miVecArr02),
  dim = c(3, 3, 2),
  dimnames = list(
    c("r1", "r2", "r3"),
    c("c1", "c2", "c3"),
    c("matrix1", "matrix2")
  )
)
print(miArray02)
```

```
## , , matrix1
##
##    c1 c2 c3
## r1  1  4  7
## r2  2  5  8
## r3  3  6  9
##
## , , matrix2
##
##    c1 c2 c3
## r1 10 40 70
## r2 20 50 80
## r3 30 60 90
```

8.5.2 Manipular un `array`

La manipulación de un `array` se hace de la misma manera que para una `matrix`. Para acceder a los diferentes elementos de un `array`, simplemente hay que especificar la línea `i`, la columna `j`, y la `matrix` `k`.

```
i <- 2
j <- 1
k <- 1
print(miArray02[i, j, k])
```

```
## [1] 2
```

```
print(miArray02[, j, k])
```

```
## r1 r2 r3
##  1  2  3
```

```
print(miArray02[i, , k])
```

```
## c1 c2 c3
##  2  5  8
```

```
print(miArray02[i, j, ])
```

```
## matrix1 matrix2
##       2      20
```

8.6 Conclusión

Felicitaciones! Ahora conocemos los principales tipos de objetos que usaremos con R. Un objeto se caracteriza por sus atributos:

- el tipo de contenedor (`vector`, `data.frame`, `matrix`, `array`)
- el tipo de contenido de cada elemento (`numeric`, `logical`, `character`, ...)
- el valor de cada uno de los elementos (5, “qwerty”, TRUE, …)

Todos estos objetos se almacenan temporalmente en el entorno global de R (en la memoria RAM de nuestra computadora). El siguiente capítulo tratará las funciones y resaltará uno de los aspectos que hace que R sea tan poderoso para analizar y administrar nuestros datos.

Chapter 9

Las funciones

9.1 ¿Qué es una función?

Con este capítulo vamos a echar un primer vistazo al poder de R a través de las funciones. Una función es un conjunto de líneas de código para realizar una tarea en particular. Hemos visto muchas funciones en capítulos anteriores, unas simples como la función + para añadir números, o otras más complejas como `c()` o `data.frame()` que permiten crear un `vector` o `data.frame`. En cualquier caso, se puede reconocer una función gracias a los paréntesis que la siguen en los cuales vamos a ingresar **argumentos**. Los argumentos corresponden a la información que queremos transmitir a nuestra función para que realice la tarea que queremos lograr.

Para funciones simples como +, los paréntesis han sido eliminados para que el código sea más fácil de leer, pero es una función que puede usarse con paréntesis si usamos el signo + entre comillas. Los argumentos son los números que queremos agregar.

```
5 + 2
```

```
## [1] 7
```

```
'+'(5, 2)
```

```
## [1] 7
```

En este capítulo nos enfocaremos en las funciones más comunes. No se trata de aprender todo de memoria, sino de saber que existen estas funciones y de poder consultar más adelante este capítulo como referencia. ¡Con tiempo y práctica eventualmente los sabremos de memoria! Hay más de 1000 funciones en la versión básica de R, y más de 10000 paquetes adicionales que se pueden instalar, cada uno con docenas de funciones. Antes de comenzar a escribir una nueva función, siempre debemos verificar que ya no exista.

9.2 Las funciones más comunes

Para trabajar con las funciones, vamos a usar los datos `iris` que están incluidos con la versión básica de R y que corresponden a la longitud y el ancho de los sépalos y pétalos de diferentes especies de iris. Los datos `iris` estan en una `data.frame` de 5 columnas y 150 líneas. Para obtener más información sobre los datos `iris`, podemos consultar la documentación R con la función `help(iris)`. El acceso a la documentación es el tema de la siguiente sección.

9.2.1 El acceso a la documentación

9.2.1.1 `help()`

La función esencial de R es acceder a la documentación (en ingles). **Todas las funciones R tienen documentación**. Podemos acceder a la documentación con la función `help()` o usando el atajo `?`.

```
help(matrix) # equivalente a ?matrix
```

La documentación siempre está estructurada de la misma manera. Primero tenemos el nombre de la función buscada `matrix`, seguida entre llaves por el nombre del paquete R cuya función depende. Veremos cómo instalar paquetes adicionales más adelante. Por ahora tenemos los que vienen con la versión básica de R. Aquí podemos ver que la función `matrix()` depende del paquete `base`.

Podemos ver la etiqueta de la función (`Matrices`), seguida de los parafos `Description`, `Usage`, y `Arguments`. Algunas veces se agregan los párrafos `Details`, `Note`, `References` y `See also`. El último párrafo es `Ejemplos`. La última línea de la documentación permite volver al índice del paquete del que depende la función consultada.

Al copiar `help(matrix)` en nuestra consola R, podemos ver que el párrafo `Description` indica lo que hace la función. En el caso de `help(matrix)`, hay tres funciones: `matrix()`, `as.matrix()` y `is.matrix()`.

```
# Description
# matrix creates a matrix from the given set of values.
# as.matrix attempts to turn its argument into a matrix.
# is.matrix tests if its argument is a (strict) matrix.
```

El párrafo `Usage` explica cómo usar la función y cuáles son los valores predeterminados para cada parámetro.

```
# Usage
# matrix(data = NA, nrow = 1, ncol = 1, byrow = FALSE,
#        dimnames = NULL)
```

La función `matrix()` puede tomar 5 argumentos: `data`, `nrow`, `ncol`, `byrow`, y `dimnames`. Podemos ver que por defecto una `matrix` consistirá de una sola línea y una sola columna, y que la información se completará por columna.

El párrafo `Arguments` detalla los valores y el tipo de contenedor de cada argumento de nuestra función. Por ejemplo, podemos ver que el argumento `dimnames` debe ser del tipo `list`. Es por eso que hemos usado este formato en la sección `matrix`.

```
# Arguments
# data      an optional data vector (including a list or expression vector).
#           Non-atomic classed R objects are coerced by as.vector and all
#           attributes discarded.
# nrow      the desired number of rows.
# ncol      the desired number of columns.
# byrow     logical. If FALSE (the default) the matrix is filled by columns,
#           otherwise the matrix is filled by rows.
# dimnames  A dimnames attribute for the matrix: NULL or a list of length 2
#           giving the row and column names respectively. An empty list is
#           treated as NULL, and a list of length one as row names. The
#           list can be named, and the list names will be used as names for
#           the dimensions.
```

El párrafo `Details` proporciona elementos adicionales en la función. El párrafo `Examples` proporciona ejemplos reproducibles en la consola.

```
## Example of setting row and column names
mdat <- matrix(c(1,2,3, 11,12,13), nrow = 2, ncol = 3, byrow = TRUE,
               dimnames = list(c("row1", "row2"),
                               c("C.1", "C.2", "C.3")))
mdat
```

```
##      C.1 C.2 C.3
## row1   1   2   3
## row2  11  12  13
```

El nombre de los argumentos no es necesario para que una función sea interpretada correctamente por R. Sin embargo, es mejor usar explicitamente el nombre de los argumentos seguidos por el signo = para que el código sea más legible.

```
# buen ejemplo
mdat <- matrix(c(1, 2, 3, 11, 12, 13), nrow = 2, ncol = 3, byrow = TRUE)
# mal ejemplo
mdat <- matrix(c(1, 2, 3, 11, 12, 13), 2, 3, TRUE)
```

9.2.1.2 help.search()

La función `help.search()` o `??` permite buscar una expresión en toda la documentación. Es útil cuando buscamos una función sin saber el nombre exacto de la función en R.

```
help.search("average")
```

La función `help.search()` devuelve una página que contiene la lista de páginas donde se encontró la expresión en la forma `package-name::function-name`.

9.2.2 Ver los datos

9.2.2.1 str()

La función `str()` permite visualizar la estructura interna de un objeto, como se indica en la documentación que podemos consultar con `help(str)`.

```
str(iris)
```

```
## 'data.frame':    150 obs. of  5 variables:
##  $ Sepal.Length: num  5.1 4.9 4.7 4.6 5 5.4 4.6 5 4.4 4.9 ...
##  $ Sepal.Width : num  3.5 3 3.2 3.1 3.6 3.9 3.4 3.4 2.9 3.1 ...
##  $ Petal.Length: num  1.4 1.4 1.3 1.5 1.4 1.7 1.4 1.5 1.4 1.5 ...
##  $ Petal.Width : num  0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.4 0.3 0.2 0.2 0.1 ...
##  $ Species     : Factor w/ 3 levels "setosa","versicolor",..: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
```

La función `str()` devuelve el tipo de objeto (`data.frame`), el número de observaciones (150), el número de variables (5), el nombre de cada variable (`Sepal.Length` , `Sepal.Width`, `Petal.Length`, `Petal.Width`, y `Species`), el tipo de cada variable (`num`,`Factor`), y los primeros valores de cada una de las variables. Es una función útil para echar un vistazo a un conjunto de datos, pero también para verificar que los datos sean del tipo requirido antes de realizar un análisis estadístico.

9.2.2.2 `head()` y `tail()`

La función `head()` devuelve los primeros valores de un objeto, y la función `tail()` devuelve los últimos valores de un objeto. Por defecto, se devuelven seis valores, el argumento `n` controla el número de valores a devolver.

```
head(iris)
```

```
##   Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width Species
## 1          5.1         3.5          1.4         0.2  setosa
## 2          4.9         3.0          1.4         0.2  setosa
## 3          4.7         3.2          1.3         0.2  setosa
## 4          4.6         3.1          1.5         0.2  setosa
## 5          5.0         3.6          1.4         0.2  setosa
## 6          5.4         3.9          1.7         0.4  setosa
```

```
tail(iris)
```

```
##     Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width   Species
## 145          6.7         3.3          5.7         2.5 virginica
## 146          6.7         3.0          5.2         2.3 virginica
## 147          6.3         2.5          5.0         1.9 virginica
## 148          6.5         3.0          5.2         2.0 virginica
## 149          6.2         3.4          5.4         2.3 virginica
## 150          5.9         3.0          5.1         1.8 virginica
```

```
head(iris, n = 2)
```

```
##   Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width Species
## 1          5.1         3.5          1.4         0.2  setosa
## 2          4.9         3.0          1.4         0.2  setosa
```

9.2.2.3 `names()`

Ya hemos visto la función `names()`, que permite conocer los nombres de los elementos de un objeto, pero también asignar nombres a los elementos de un objeto como a un `matrix`, a una `list` o a un `data.frame`.

```
names(iris)
```

```
## [1] "Sepal.Length" "Sepal.Width"  "Petal.Length" "Petal.Width"
## [5] "Species"
```

```
irisCopy <- iris
names(irisCopy) <- c("a", "b", "c", "d", "e")
names(irisCopy)
```

```
## [1] "a" "b" "c" "d" "e"
```

9.2.2.4 `cat()` et `print()`

La función `cat()` se usa para mostrar el contenido de un objeto mientras que la función `print()` devuelve el valor de un objeto con la capacidad de realizar conversiones.

```
cat(names(iris))
```

```
## Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width Species
```

```
print(names(iris))
```

```
## [1] "Sepal.Length" "Sepal.Width"  "Petal.Length" "Petal.Width"
## [5] "Species"
```

```
cat(iris[1, 1])
```

```
## 5.1
```

```
print(iris[1, 1])
```

```
## [1] 5.1
```

```
print(iris[1, 1], digits = 0)
```

```
## [1] 5
```

9.2.3 Manipular los datos

9.2.3.1 `rank()`

La función `rank()` devuelve el número de la posición ordenada de cada elemento de un conjunto de elementos. En el caso de elementos del mismo valor, el argumento `ties.method` hace posible hacer una elección sobre la clasificación. Como con todas las funciones, los detalles están presentes en la documentación.

```
vecManip <- c(10, 20, 30, 70, 60, 50, 40)
rank(vecManip)
```

```
## [1] 1 2 3 7 6 5 4
```

```
vecManip2 <- c(10, 20, 30, 10, 50, 10, 40)
rank(vecManip2)
```

```
## [1] 2 4 5 2 7 2 6
```

```
rank(vecManip2, ties.method = "first")
```

```
## [1] 1 4 5 2 7 3 6
```

```
rank(vecManip2, ties.method = "min")
```

```
## [1] 1 4 5 1 7 1 6
```

```
print(iris[, 1])
```

```
##   [1] 5.1 4.9 4.7 4.6 5.0 5.4 4.6 5.0 4.4 4.9 5.4 4.8 4.8 4.3 5.8 5.7 5.4
##  [18] 5.1 5.7 5.1 5.4 5.1 4.6 5.1 4.8 5.0 5.0 5.2 5.2 4.7 4.8 5.4 5.2 5.5
##  [35] 4.9 5.0 5.5 4.9 4.4 5.1 5.0 4.5 4.4 5.0 5.1 4.8 5.1 4.6 5.3 5.0 7.0
##  [52] 6.4 6.9 5.5 6.5 5.7 6.3 4.9 6.6 5.2 5.0 5.9 6.0 6.1 5.6 6.7 5.6 5.8
##  [69] 6.2 5.6 5.9 6.1 6.3 6.1 6.4 6.6 6.8 6.7 6.0 5.7 5.5 5.5 5.8 6.0 5.4
##  [86] 6.0 6.7 6.3 5.6 5.5 5.5 6.1 5.8 5.0 5.6 5.7 5.7 6.2 5.1 5.7 6.3 5.8
## [103] 7.1 6.3 6.5 7.6 4.9 7.3 6.7 7.2 6.5 6.4 6.8 5.7 5.8 6.4 6.5 7.7 7.7
## [120] 6.0 6.9 5.6 7.7 6.3 6.7 7.2 6.2 6.1 6.4 7.2 7.4 7.9 6.4 6.3 6.1 7.7
## [137] 6.3 6.4 6.0 6.9 6.7 6.9 5.8 6.8 6.7 6.7 6.3 6.5 6.2 5.9
```

```
rank(iris[, 1], ties.method = "average")
```

```
##   [1]  37.0  19.5  10.5   7.5  27.5  49.5   7.5  27.5   3.0  19.5  49.5
##  [12]  14.0  14.0   1.0  77.0  69.5  49.5  37.0  69.5  37.0  49.5  37.0
##  [23]   7.5  37.0  14.0  27.5  27.5  43.5  43.5  10.5  14.0  49.5  43.5
##  [34]  56.0  19.5  27.5  56.0  19.5   3.0  37.0  27.5   5.0   3.0  27.5
##  [45]  37.0  14.0  37.0   7.5  46.0  27.5 138.0 112.0 135.5  56.0 118.0
##  [56]  69.5 104.0  19.5 121.5  43.5  27.5  82.0  86.5  92.5  62.5 126.5
##  [67]  62.5  77.0  97.5  62.5  82.0  92.5 104.0  92.5 112.0 121.5 132.0
##  [78] 126.5  86.5  69.5  56.0  56.0  77.0  86.5  49.5  86.5 126.5 104.0
##  [89]  62.5  56.0  56.0  92.5  77.0  27.5  62.5  69.5  69.5  97.5  37.0
## [100]  69.5 104.0  77.0 139.0 104.0 118.0 145.0  19.5 143.0 126.5 141.0
## [111] 118.0 112.0 132.0  69.5  77.0 112.0 118.0 147.5 147.5  86.5 135.5
## [122]  62.5 147.5 104.0 126.5 141.0  97.5  92.5 112.0 141.0 144.0 150.0
## [133] 112.0 104.0  92.5 147.5 104.0 112.0  86.5 135.5 126.5 135.5  77.0
## [144] 132.0 126.5 126.5 104.0 118.0  97.5  82.0
```

```
# help(rank)
# ...
# Usage
# rank(x, na.last = TRUE,
#     ties.method = c("average", "first", "last",
#       "random", "max", "min"))
```

9.2.3.2 order()

La función `order()` devuelve el número de la reorganización de los elementos en función de su posición. Es muy útil, por ejemplo, para ordenar un `data.frame` en función de una columna.

```
print(vecManip2)
```

```
## [1] 10 20 30 10 50 10 40
```

```
rank(vecManip2)
```

```
## [1] 2 4 5 2 7 2 6
```

```
order(vecManip2)
```

```
## [1] 1 4 6 2 3 7 5
```

```
print(iris[, 1])
```

```
##   [1] 5.1 4.9 4.7 4.6 5.0 5.4 4.6 5.0 4.4 4.9 5.4 4.8 4.8 4.3 5.8 5.7 5.4
##  [18] 5.1 5.7 5.1 5.4 5.1 4.6 5.1 4.8 5.0 5.0 5.2 5.2 4.7 4.8 5.4 5.2 5.5
##  [35] 4.9 5.0 5.5 4.9 4.4 5.1 5.0 4.5 4.4 5.0 5.1 4.8 5.1 4.6 5.3 5.0 7.0
##  [52] 6.4 6.9 5.5 6.5 5.7 6.3 4.9 6.6 5.2 5.0 5.9 6.0 6.1 5.6 6.7 5.6 5.8
##  [69] 6.2 5.6 5.9 6.1 6.3 6.1 6.4 6.6 6.8 6.7 6.0 5.7 5.5 5.5 5.8 6.0 5.4
##  [86] 6.0 6.7 6.3 5.6 5.5 5.5 6.1 5.8 5.0 5.6 5.7 5.7 6.2 5.1 5.7 6.3 5.8
## [103] 7.1 6.3 6.5 7.6 4.9 7.3 6.7 7.2 6.5 6.4 6.8 5.7 5.8 6.4 6.5 7.7 7.7
## [120] 6.0 6.9 5.6 7.7 6.3 6.7 7.2 6.2 6.1 6.4 7.2 7.4 7.9 6.4 6.3 6.1 7.7
## [137] 6.3 6.4 6.0 6.9 6.7 6.9 5.8 6.8 6.7 6.7 6.3 6.5 6.2 5.9
```

```
rank(iris[, 1])
```

```
##   [1]  37.0  19.5  10.5   7.5  27.5  49.5   7.5  27.5   3.0  19.5  49.5
##  [12]  14.0  14.0   1.0  77.0  69.5  49.5  37.0  69.5  37.0  49.5  37.0
##  [23]   7.5  37.0  14.0  27.5  27.5  43.5  43.5  10.5  14.0  49.5  43.5
##  [34]  56.0  19.5  27.5  56.0  19.5   3.0  37.0  27.5   5.0   3.0  27.5
##  [45]  37.0  14.0  37.0   7.5  46.0  27.5 138.0 112.0 135.5  56.0 118.0
##  [56]  69.5 104.0  19.5 121.5  43.5  27.5  82.0  86.5  92.5  62.5 126.5
##  [67]  62.5  77.0  97.5  62.5  82.0  92.5 104.0  92.5 112.0 121.5 132.0
##  [78] 126.5  86.5  69.5  56.0  56.0  77.0  86.5  49.5  86.5 126.5 104.0
##  [89]  62.5  56.0  56.0  92.5  77.0  27.5  62.5  69.5  69.5  97.5  37.0
## [100]  69.5 104.0  77.0 139.0 104.0 118.0 145.0  19.5 143.0 126.5 141.0
## [111] 118.0 112.0 132.0  69.5  77.0 112.0 118.0 147.5 147.5  86.5 135.5
## [122]  62.5 147.5 104.0 126.5 141.0  97.5  92.5 112.0 141.0 144.0 150.0
## [133] 112.0 104.0  92.5 147.5 104.0 112.0  86.5 135.5 126.5 135.5  77.0
## [144] 132.0 126.5 126.5 104.0 118.0  97.5  82.0
```

```
order(iris[, 1])
```

```
##   [1]  14   9  39  43  42   4   7  23  48   3  30  12  13  25  31  46   2
##  [18]  10  35  38  58 107   5   8  26  27  36  41  44  50  61  94   1  18
##  [35]  20  22  24  40  45  47  99  28  29  33  60  49   6  11  17  21  32
##  [52]  85  34  37  54  81  82  90  91  65  67  70  89  95 122  16  19  56
##  [69]  80  96  97 100 114  15  68  83  93 102 115 143  62  71 150  63  79
##  [86]  84  86 120 139  64  72  74  92 128 135  69  98 127 149  57  73  88
## [103] 101 104 124 134 137 147  52  75 112 116 129 133 138  55 105 111 117
## [120] 148  59  76  66  78  87 109 125 141 145 146  77 113 144  53 121 140
## [137] 142  51 103 110 126 130 108 131 106 118 119 123 136 132
```

```
head(iris[order(iris[, 1]),], n = 10)
```

```
##    Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width Species
## 14          4.3         3.0          1.1         0.1  setosa
## 9           4.4         2.9          1.4         0.2  setosa
## 39          4.4         3.0          1.3         0.2  setosa
## 43          4.4         3.2          1.3         0.2  setosa
## 42          4.5         2.3          1.3         0.3  setosa
## 4           4.6         3.1          1.5         0.2  setosa
## 7           4.6         3.4          1.4         0.3  setosa
## 23          4.6         3.6          1.0         0.2  setosa
```

```
## 48          4.6         3.2          1.4         0.2  setosa
## 3           4.7         3.2          1.3         0.2  setosa
```

9.2.3.3 sort()

La función `sort()` se usa para ordenar los elementos de un objeto. No permite la clasificación por más de una variable, como es el caso de `order()`.

```
print(vecManip2)
```

```
## [1] 10 20 30 10 50 10 40
```

```
sort(vecManip2)
```

```
## [1] 10 10 10 20 30 40 50
```

```
print(iris[, 1])
```

```
##   [1] 5.1 4.9 4.7 4.6 5.0 5.4 4.6 5.0 4.4 4.9 5.4 4.8 4.8 4.3 5.8 5.7 5.4
##  [18] 5.1 5.7 5.1 5.4 5.1 4.6 5.1 4.8 5.0 5.0 5.2 5.2 4.7 4.8 5.4 5.2 5.5
##  [35] 4.9 5.0 5.5 4.9 4.4 5.1 5.0 4.5 4.4 5.0 5.1 4.8 5.1 4.6 5.3 5.0 7.0
##  [52] 6.4 6.9 5.5 6.5 5.7 6.3 4.9 6.6 5.2 5.0 5.9 6.0 6.1 5.6 6.7 5.6 5.8
##  [69] 6.2 5.6 5.9 6.1 6.3 6.1 6.4 6.6 6.8 6.7 6.0 5.7 5.5 5.5 5.8 6.0 5.4
##  [86] 6.0 6.7 6.3 5.6 5.5 5.5 6.1 5.8 5.0 5.6 5.7 5.7 6.2 5.1 5.7 6.3 5.8
## [103] 7.1 6.3 6.5 7.6 4.9 7.3 6.7 7.2 6.5 6.4 6.8 5.7 5.8 6.4 6.5 7.7 7.7
## [120] 6.0 6.9 5.6 7.7 6.3 6.7 7.2 6.2 6.1 6.4 7.2 7.4 7.9 6.4 6.3 6.1 7.7
## [137] 6.3 6.4 6.0 6.9 6.7 6.9 5.8 6.8 6.7 6.7 6.3 6.5 6.2 5.9
```

```
sort(iris[, 1])
```

```
##   [1] 4.3 4.4 4.4 4.4 4.5 4.6 4.6 4.6 4.6 4.7 4.7 4.8 4.8 4.8 4.8 4.8 4.9
##  [18] 4.9 4.9 4.9 4.9 5.0 5.0 5.0 5.0 5.0 5.0 5.0 5.0 5.0 5.0 5.1 5.1
##  [35] 5.1 5.1 5.1 5.1 5.1 5.1 5.2 5.2 5.2 5.2 5.3 5.4 5.4 5.4 5.4 5.4
##  [52] 5.4 5.5 5.5 5.5 5.5 5.5 5.5 5.5 5.6 5.6 5.6 5.6 5.6 5.6 5.7 5.7 5.7
##  [69] 5.7 5.7 5.7 5.7 5.7 5.8 5.8 5.8 5.8 5.8 5.8 5.8 5.9 5.9 5.9 6.0 6.0
##  [86] 6.0 6.0 6.0 6.0 6.1 6.1 6.1 6.1 6.1 6.1 6.2 6.2 6.2 6.2 6.3 6.3 6.3
## [103] 6.3 6.3 6.3 6.3 6.3 6.3 6.4 6.4 6.4 6.4 6.4 6.4 6.4 6.5 6.5 6.5 6.5
## [120] 6.5 6.6 6.6 6.7 6.7 6.7 6.7 6.7 6.7 6.7 6.7 6.8 6.8 6.8 6.9 6.9 6.9
## [137] 6.9 7.0 7.1 7.2 7.2 7.2 7.3 7.4 7.6 7.7 7.7 7.7 7.7 7.7 7.9
```

9.2.3.4 append()

Esta función se usa para agregar un elemento a un `vector` en una posición determinada por el argumento `after`. Esta función también es más rápida que su alternativa `c()`.

```
print(vecManip2)
```

```
## [1] 10 20 30 10 50 10 40
```

```
append(vecManip2, 5)
```

```
## [1] 10 20 30 10 50 10 40  5
```

```
append(vecManip2, 5, after = 2)
```

```
## [1] 10 20  5 30 10 50 10 40
```

9.2.3.5 `cbind()` et `rbind()`

Las funciones `cbind()` y `rbind()` permiten combinar elementos por columna o por línea.

```
cbind(vecManip2, vecManip2)
```

```
##      vecManip2 vecManip2
## [1,]        10        10
## [2,]        20        20
## [3,]        30        30
## [4,]        10        10
## [5,]        50        50
## [6,]        10        10
## [7,]        40        40
```

```
rbind(vecManip2, vecManip2)
```

```
##           [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7]
## vecManip2   10   20   30   10   50   10   40
## vecManip2   10   20   30   10   50   10   40
```

9.2.3.6 `paste()` et `paste0()`

Estas son dos funciones que usaremos mucho a partir de ahora. Las funciones `paste()` y `paste0()` se usan para concatenar cadenas de texto. La función `paste0()` es equivalente a `paste()` sin proponer un separador entre los elementos a concatenar. La función `paste0()` también es más rápida.

```
paste(1, "a")
```

```
## [1] "1 a"
```

```
paste0(1, "a")
```

```
## [1] "1a"
```

```
paste(1, "a", sep = "_")
```

```
## [1] "1_a"
```

```
paste0("prefix_", vecManip2, "_suffix")
```

```
## [1] "prefix_10_suffix" "prefix_20_suffix" "prefix_30_suffix"
## [4] "prefix_10_suffix" "prefix_50_suffix" "prefix_10_suffix"
## [7] "prefix_40_suffix"
```

```r
paste(vecManip2, rank(vecManip2), sep = "_")
```

```
## [1] "10_2" "20_4" "30_5" "10_2" "50_7" "10_2" "40_6"
```

9.2.3.7 rev()

La función `rev ()` devuelve los elementos de un objeto en orden inverso.

```r
print(vecManip2)
```

```
## [1] 10 20 30 10 50 10 40
```

```r
rev(vecManip2)
```

```
## [1] 40 10 50 10 30 20 10
```

9.2.3.8 %in%()

La función `%in%()` se puede comparar con un operador de comparación. Esta función toma dos objetos como argumentos y devuelve `TRUE` o `FALSE` para cada elemento del primer objeto de acuerdo con su presencia o ausencia en el segundo objeto. Para acceder a la documentación de la función, use `help('%in%')` (con comillas simples).

```r
print(vecManip)
```

```
## [1] 10 20 30 70 60 50 40
```

```r
print(vecManip2)
```

```
## [1] 10 20 30 10 50 10 40
```

```r
vecManip %in% vecManip2
```

```
## [1]  TRUE  TRUE  TRUE FALSE FALSE  TRUE  TRUE
```

```r
vecManip2 %in% vecManip
```

```
## [1] TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE
```

9.2.4 Funciones matemáticas

Ya hemos visto las funciones `+`, `-`, `*`, `/`, `^`, `%%` y otros operadores aritméticos. R también tiene funciones matemáticas básicas como exponencial `exp()`, raíz cuadrada `sqrt()`, valor absoluto `abs()`, sinus `sin()`, coseno `cos()`, tangente `tan()`, logaritmo `log()`, logaritmo base 10 `log10()`, arco coseno `acos()`, arco sinus `asin()`, y arco tangente `atan()`.

```r
print(vecManip2)
```

```
## [1] 10 20 30 10 50 10 40
```

```
exp(vecManip2)
```

```
## [1] 2.202647e+04 4.851652e+08 1.068647e+13 2.202647e+04 5.184706e+21
## [6] 2.202647e+04 2.353853e+17
```

```
sqrt(vecManip2)
```

```
## [1] 3.162278 4.472136 5.477226 3.162278 7.071068 3.162278 6.324555
```

```
abs(-vecManip2)
```

```
## [1] 10 20 30 10 50 10 40
```

```
sin(vecManip2)
```

```
## [1] -0.5440211  0.9129453 -0.9880316 -0.5440211 -0.2623749 -0.5440211
## [7]  0.7451132
```

```
cos(vecManip2)
```

```
## [1] -0.8390715  0.4080821  0.1542514 -0.8390715  0.9649660 -0.8390715
## [7] -0.6669381
```

```
tan(vecManip2)
```

```
## [1]  0.6483608  2.2371609 -6.4053312  0.6483608 -0.2719006  0.6483608
## [7] -1.1172149
```

```
log(vecManip2)
```

```
## [1] 2.302585 2.995732 3.401197 2.302585 3.912023 2.302585 3.688879
```

```
log10(vecManip2)
```

```
## [1] 1.000000 1.301030 1.477121 1.000000 1.698970 1.000000 1.602060
```

```
acos(vecManip2/100)
```

```
## [1] 1.470629 1.369438 1.266104 1.470629 1.047198 1.470629 1.159279
```

```
asin(vecManip2/100)
```

```
## [1] 0.1001674 0.2013579 0.3046927 0.1001674 0.5235988 0.1001674 0.4115168
```

```
atan(vecManip2/100)
```

```
## [1] 0.09966865 0.19739556 0.29145679 0.09966865 0.46364761 0.09966865
## [7] 0.38050638
```

9.2.5 Estadísticas descriptivas

También podemos realizar estadísticas descriptivas de forma muy simple a partir de un conjunto de datos.

9.2.5.1 `mean()`

La función `mean()` devuelve la media. Para ignorar los valores faltantes `NA`, hay que afectar el valor `TRUE` al argumento `na.rm()`.

```
mean(iris[, 1])
```

```
## [1] 5.843333
```

```
vecManip3 <- c(1, 5, 6, 8, NA, 45, NA, 14)
mean(vecManip3)
```

```
## [1] NA
```

```
mean(vecManip3, na.rm = TRUE)
```

```
## [1] 13.16667
```

9.2.5.2 `sd()`

La función `sd()` devuelve la desviación estándar.

```
sd(iris[, 1])
```

```
## [1] 0.8280661
```

```
print(vecManip3)
```

```
## [1]  1  5  6  8 NA 45 NA 14
```

```
sd(vecManip3)
```

```
## [1] NA
```

```
sd(vecManip3, na.rm = TRUE)
```

```
## [1] 16.16684
```

9.2.5.3 `max()` y `min()`

La función `max()` devuelve el valor máximo y `min()` el valor mínimo.

```
max(iris[, 1])
```

```
## [1] 7.9
```

```r
print(vecManip3)
```

```
## [1]  1  5  6  8 NA 45 NA 14
```

```r
max(vecManip3)
```

```
## [1] NA
```

```r
max(vecManip3, na.rm = TRUE)
```

```
## [1] 45
```

```r
min(iris[, 1])
```

```
## [1] 4.3
```

```r
min(vecManip3)
```

```
## [1] NA
```

```r
min(vecManip3, na.rm = TRUE)
```

```
## [1] 1
```

9.2.5.4 `quantile()`

La función `quantile()` devuelve el cuantil definido por el argumento `probs`.

```r
quantile(iris[, 1])
```

```
##   0%  25%  50%  75% 100%
##  4.3  5.1  5.8  6.4  7.9
```

```r
quantile(iris[, 1], probs = c(0, 0.25, 0.5, 0.75, 1))
```

```
##   0%  25%  50%  75% 100%
##  4.3  5.1  5.8  6.4  7.9
```

```r
quantile(iris[, 1], probs = c(0, 0.1, 0.5, 0.9, 1))
```

```
##   0%  10%  50%  90% 100%
##  4.3  4.8  5.8  6.9  7.9
```

9.2.5.5 `summary()`

La función `summary()` devuelve un resumen con el mínimo, primer cuartil, mediana, promedio, tercer cuartil y máximo.

```r
summary(iris[, 1])
```

```
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   4.300   5.100   5.800   5.843   6.400   7.900
```

9.2.5.6 median()

La función `median()` devuelve la mediana.

```
median(iris[, 1])
```

```
## [1] 5.8
```

```
print(vecManip3)
```

```
## [1]  1  5  6  8 NA 45 NA 14
```

```
median(vecManip3)
```

```
## [1] NA
```

```
median(vecManip3, na.rm = TRUE)
```

```
## [1] 7
```

9.2.5.7 length()

La función `length()` devuelve el tamaño de un objeto (número de elementos).

```
length(iris[, 1])
```

```
## [1] 150
```

```
print(vecManip3)
```

```
## [1]  1  5  6  8 NA 45 NA 14
```

```
length(vecManip3)
```

```
## [1] 8
```

9.2.5.8 nrow() et ncol()

La función `nrow()` devuelve el número de líneas y la función `ncol()` el número de columnas en un objeto.

```
nrow(iris)
```

```
## [1] 150
```

```
ncol(iris)
```

```
## [1] 5
```

9.2.5.9 `round()`, `ceiling()`, `floor()`, et `trunc()`

La función `round()` le permite seleccionar una cierta cantidad de decimales (0 por defecto)

```
round(5.56874258564)
```

```
## [1] 6
```

```
round(5.56874258564, digits = 2)
```

```
## [1] 5.57
```

La función `ceiling()` devuelve el entero más pequeño que no es inferior al valor especificado.

```
ceiling(5.9999)
```

```
## [1] 6
```

```
ceiling(5.0001)
```

```
## [1] 6
```

La función `floor()` devuelve el entero más grande que no excede el valor especificado.

```
floor(5.9999)
```

```
## [1] 5
```

```
floor(5.0001)
```

```
## [1] 5
```

La función `trunc()` devuelve la parte entera del valor especificado.

```
trunc(5.9999)
```

```
## [1] 5
```

```
trunc(5.0001)
```

```
## [1] 5
```

9.2.5.10 `rowSums()` et `colSums()`

Las funciones `rowSums()` y `colSums()` calculan la suma de filas y columnas.

```
rowSums(iris[, c(1, 2, 3, 4)])
```

```
##   [1] 10.2  9.5  9.4  9.4 10.2 11.4  9.7 10.1  8.9  9.6 10.8 10.0  9.3  8.5
##  [15] 11.2 12.0 11.0 10.3 11.5 10.7 10.7 10.7  9.4 10.6 10.3  9.8 10.4 10.4
##  [29] 10.2  9.7  9.7 10.7 10.9 11.3  9.7  9.6 10.5 10.0  8.9 10.2 10.1  8.4
##  [43]  9.1 10.7 11.2  9.5 10.7  9.4 10.7  9.9 16.3 15.6 16.4 13.1 15.4 14.3
```

```
##  [57] 15.9 11.6 15.4 13.2 11.5 14.6 13.2 15.1 13.4 15.6 14.6 13.6 14.4 13.1
##  [71] 15.7 14.2 15.2 14.8 14.9 15.4 15.8 16.4 14.9 12.8 12.8 12.6 13.6 15.4
##  [85] 14.4 15.5 16.0 14.3 14.0 13.3 13.7 15.1 13.6 11.6 13.8 14.1 14.1 14.7
##  [99] 11.7 13.9 18.1 15.5 18.1 16.6 17.5 19.3 13.6 18.3 16.8 19.4 16.8 16.3
## [113] 17.4 15.2 16.1 17.2 16.8 20.4 19.5 14.7 18.1 15.3 19.2 15.7 17.8 18.2
## [127] 15.6 15.8 16.9 17.6 18.2 20.1 17.0 15.7 15.7 19.1 17.7 16.8 15.6 17.5
## [141] 17.8 17.4 15.5 18.2 18.2 17.2 15.7 16.7 17.3 15.8
```

```
colSums(iris[, c(1, 2, 3, 4)])
```

```
## Sepal.Length  Sepal.Width Petal.Length  Petal.Width
##        876.5        458.6        563.7        179.9
```

9.2.5.11 `rowMeans()` et `colMeans()`

Las funciones `rowMeans()` y `colMeans()` calculan el promedio de filas y columnas.

```
rowMeans(iris[, c(1, 2, 3, 4)])
```

```
##   [1] 2.550 2.375 2.350 2.350 2.550 2.850 2.425 2.525 2.225 2.400 2.700
##  [12] 2.500 2.325 2.125 2.800 3.000 2.750 2.575 2.875 2.675 2.675 2.675
##  [23] 2.350 2.650 2.575 2.450 2.600 2.600 2.550 2.425 2.425 2.675 2.725
##  [34] 2.825 2.425 2.400 2.625 2.500 2.225 2.550 2.525 2.100 2.275 2.675
##  [45] 2.800 2.375 2.675 2.350 2.675 2.475 4.075 3.900 4.100 3.275 3.850
##  [56] 3.575 3.975 2.900 3.850 3.300 2.875 3.650 3.300 3.775 3.350 3.900
##  [67] 3.650 3.400 3.600 3.275 3.925 3.550 3.800 3.700 3.725 3.850 3.950
##  [78] 4.100 3.725 3.200 3.200 3.150 3.400 3.850 3.600 3.875 4.000 3.575
##  [89] 3.500 3.325 3.425 3.775 3.400 2.900 3.450 3.525 3.525 3.675 2.925
## [100] 3.475 4.525 3.875 4.525 4.150 4.375 4.825 3.400 4.575 4.200 4.850
## [111] 4.200 4.075 4.350 3.800 4.025 4.300 4.200 5.100 4.875 3.675 4.525
## [122] 3.825 4.800 3.925 4.450 4.550 3.900 3.950 4.225 4.400 4.550 5.025
## [133] 4.250 3.925 3.925 4.775 4.425 4.200 3.900 4.375 4.450 4.350 3.875
## [144] 4.550 4.550 4.300 3.925 4.175 4.325 3.950
```

```
colMeans(iris[, c(1, 2, 3, 4)])
```

```
## Sepal.Length  Sepal.Width Petal.Length  Petal.Width
##     5.843333     3.057333     3.758000     1.199333
```

9.2.5.12 `aggregate()`

La función `aggregate()` permite agrupar los elementos de un objeto de acuerdo con un valor. El argumento `by` define el elemento sobre el que se realiza la agrupación. Debe ser del tipo `list`.

```
aggregate(iris[, c(1, 2, 3, 4)], by = list(iris$Species), FUN = mean)
```

```
##      Group.1 Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width
## 1     setosa        5.006       3.428        1.462       0.246
## 2 versicolor        5.936       2.770        4.260       1.326
## 3  virginica        6.588       2.974        5.552       2.026
```

```
aggregate(iris[, c(1, 2)], by = list(iris$Species), FUN = summary)
```

```
##      Group.1 Sepal.Length.Min. Sepal.Length.1st Qu. Sepal.Length.Median
## 1     setosa             4.300                4.800                5.000
## 2 versicolor             4.900                5.600                5.900
## 3  virginica             4.900                6.225                6.500
##   Sepal.Length.Mean Sepal.Length.3rd Qu. Sepal.Length.Max.
## 1             5.006                5.200             5.800
## 2             5.936                6.300             7.000
## 3             6.588                6.900             7.900
##   Sepal.Width.Min. Sepal.Width.1st Qu. Sepal.Width.Median Sepal.Width.Mean
## 1            2.300               3.200              3.400             3.428
## 2            2.000               2.525              2.800             2.770
## 3            2.200               2.800              3.000             2.974
##   Sepal.Width.3rd Qu. Sepal.Width.Max.
## 1               3.675            4.400
## 2               3.000            3.400
## 3               3.175            3.800
```

9.2.5.13 range()

La función `range()` devuelve el mínimo y el máximo.

```
range(iris[, 1])
```

```
## [1] 4.3 7.9
```

```
print(vecManip3)
```

```
## [1]  1  5  6  8 NA 45 NA 14
```

```
range(vecManip3)
```

```
## [1] NA NA
```

```
range(vecManip3, na.rm = TRUE)
```

```
## [1]  1 45
```

9.2.5.14 unique()

La función `unique()` devuelve los valores únicos de un objeto (sin duplicados).

```
unique(iris[, 1])
```

```
##  [1] 5.1 4.9 4.7 4.6 5.0 5.4 4.4 4.8 4.3 5.8 5.7 5.2 5.5 4.5 5.3 7.0 6.4
## [18] 6.9 6.5 6.3 6.6 5.9 6.0 6.1 5.6 6.7 6.2 6.8 7.1 7.6 7.3 7.2 7.7 7.4
## [35] 7.9
```

```
print(vecManip3)
```

```
## [1]  1  5  6  8 NA 45 NA 14
```

```
unique(vecManip3)
```

```
## [1]  1  5  6  8 NA 45 14
```

9.3 Otras funciones útiles

No podemos abordar todas las funciones útiles, aquí solo abordaremos ciertas funciones. A lo largo de este libro, se usarán nuevas funciones. Cuando se utiliza una nueva función, nuestro reflejo siempre debe ser el mismo: **consultar la documentación** con la función `help()`.

9.3.1 `seq_along()`

La función `seq_along()` se usa para crear un `vector` del tamaño del objeto rellenado y tomando como valores los números de 1 a N (N corresponde al número de elementos del objeto). Esta función nos servirá mucho en el capítulo sobre bucles.

```
print(vecManip3)
```

```
## [1]  1  5  6  8 NA 45 NA 14
```

```
seq_along(vecManip3)
```

```
## [1] 1 2 3 4 5 6 7 8
```

9.3.2 `:`

La función `:` permite crear una secuencia desde `a` hacia `b` por pasos de 1. Ha sido difícil escribir los capítulos anteriores sin usarlo ya que esta función es muy útil. Aquí estan algunos ejemplos.

```
5:10
```

```
## [1]  5  6  7  8  9 10
```

```
head(iris[, c(1, 2, 3, 4)])
```

```
##   Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width
## 1          5.1         3.5          1.4         0.2
## 2          4.9         3.0          1.4         0.2
## 3          4.7         3.2          1.3         0.2
## 4          4.6         3.1          1.5         0.2
## 5          5.0         3.6          1.4         0.2
## 6          5.4         3.9          1.7         0.4
```

```
head(iris[, 1:4]) # ;-)
```

```
##   Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width
## 1          5.1         3.5          1.4         0.2
## 2          4.9         3.0          1.4         0.2
## 3          4.7         3.2          1.3         0.2
## 4          4.6         3.1          1.5         0.2
## 5          5.0         3.6          1.4         0.2
## 6          5.4         3.9          1.7         0.4
```

```
miVec01 <- c(1, 2, 3, 4)
miVec01 <- 1:4 # ;-)
-10:12
```

```
##  [1] -10  -9  -8  -7  -6  -5  -4  -3  -2  -1   0   1   2   3   4   5   6
## [18]   7   8   9  10  11  12
```

```
5:-5
```

```
##  [1]  5  4  3  2  1  0 -1 -2 -3 -4 -5
```

```
paste("X", 1:10, sep = "_")
```

```
##  [1] "X_1"  "X_2"  "X_3"  "X_4"  "X_5"  "X_6"  "X_7"  "X_8"  "X_9"  "X_10"
```

9.3.3 rep()

La función `rep()` permite repetir elementos.

```
miVec12 <- c(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)
miVec12 <- rep(1, times = 9) # ;-)
rep("Hola", times = 3)
```

```
## [1] "Hola" "Hola" "Hola"
```

```
rep(1:3, time = 3)
```

```
## [1] 1 2 3 1 2 3 1 2 3
```

```
rep(1:3, length.out = 10)
```

```
##  [1] 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1
```

```
rep(1:3, each = 3)
```

```
## [1] 1 1 1 2 2 2 3 3 3
```

9.3.4 seq()

La función `seq()` permite crear una secuencia personalizada.

```
seq(from = 0, to = 1, by = 0.2)
```

```
## [1] 0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0
```

```
seq(from = 20, to = 10, length.out = 10)
```

```
##  [1] 20.00000 18.88889 17.77778 16.66667 15.55556 14.44444 13.33333
##  [8] 12.22222 11.11111 10.00000
```

```
letters[seq(from = 1, to = 26, by = 2)]
```

```
##  [1] "a" "c" "e" "g" "i" "k" "m" "o" "q" "s" "u" "w" "y"
```

```
rep(seq(from = 1, to = 2, by = 0.5), times = 3)
```

```
## [1] 1.0 1.5 2.0 1.0 1.5 2.0 1.0 1.5 2.0
```

9.3.5 getwd()

La función `getwd()` establece la carpeta de trabajo. Esto corresponde a la ubicación relativa desde la cual R se posiciona para identificar los archivos. Este concepto tendrá sentido cuando veamos cómo importar y exportar datos.

```
getwd()
```

```
## [1] "C:/Users/nous/Documents/Francois/TRAVAIL/GitHub/myRbook_SP"
```

9.3.6 setwd()

La función `setwd()` se usa para definir un nuevo directorio de trabajo (carpeta de trabajo).

```
oldWd <- getwd()
print(oldWd)
```

```
## [1] "C:/Users/nous/Documents/Francois/TRAVAIL/GitHub/myRbook_SP"
```

```
setwd("..")
getwd()
```

```
## [1] "C:/Users/nous/Documents/Francois/TRAVAIL/GitHub"
```

```
setwd(oldWd)
getwd()
```

```
## [1] "C:/Users/nous/Documents/Francois/TRAVAIL/GitHub/myRbook_SP"
```

9.3.7 list.files()

La función `list.files ()` se usa para listar todos los archivos en el directorio de trabajo.

```
list.files(pattern = "(html)$") # html
```

```
## [1] "google_analytics_SP.html"
```

```
list.files(pattern = "(pdf)$") # pdf
```

```
## character(0)
```

9.3.8 ls()

Al igual que la función `list.files()` hace posible listar todos los archivos presentes en el directorio de trabajo, la función `ls()` permite listar todos los objetos presentes en el entorno de trabajo de R.

```
ls()
```

```
##  [1] "aLogic"       "bddInsect"    "characters"   "contrib"
##  [5] "dfForMat"     "factor01"     "i"            "irisCopy"
##  [9] "j"            "k"            "logicals"     "mdat"
## [13] "miArray"      "miArray02"    "miDf01"       "miDfSub01"
## [17] "miDfSub02"    "miDfSub03"    "miDfSub04"    "miList01"
## [21] "miList02"     "miList0203"   "miList03"     "miList04"
## [25] "miList05"     "miList06"     "miMat"        "miMat01"
## [29] "miMat02"      "miVec01"      "miVec02"      "miVec03"
## [33] "miVec04"      "miVec05"      "miVec06"      "miVec07"
## [37] "miVec08"      "miVec09"      "miVec10"      "miVec11"
## [41] "miVec12"      "miVec13"      "miVec14"      "miVec15"
## [45] "miVec20"      "miVec21"      "miVec22"      "miVec23"
## [49] "miVec24"      "miVec25"      "miVecArr"     "miVecArr02"
## [53] "miVecConf"    "miVecNA"      "miVecOp"      "msg"
## [57] "myCol"        "myRow"        "myText"       "myText2"
## [61] "myText3"      "myText4"      "myText5"      "nbrRep"
## [65] "newVec"       "newVec2"      "numbers"      "oldWd"
## [69] "opAriDf"      "sumIntDou"    "sumIntInt"    "termino01"
## [73] "termino02"    "vecForMat01"  "vecForMat02"  "vecForMat03"
## [77] "vecForMatrix" "vecManip"     "vecManip2"    "vecManip3"
```

```
zzz <- "a new object"
ls()
```

```
##  [1] "aLogic"       "bddInsect"    "characters"   "contrib"
##  [5] "dfForMat"     "factor01"     "i"            "irisCopy"
##  [9] "j"            "k"            "logicals"     "mdat"
## [13] "miArray"      "miArray02"    "miDf01"       "miDfSub01"
## [17] "miDfSub02"    "miDfSub03"    "miDfSub04"    "miList01"
## [21] "miList02"     "miList0203"   "miList03"     "miList04"
## [25] "miList05"     "miList06"     "miMat"        "miMat01"
## [29] "miMat02"      "miVec01"      "miVec02"      "miVec03"
## [33] "miVec04"      "miVec05"      "miVec06"      "miVec07"
```

```
## [37] "miVec08"      "miVec09"      "miVec10"      "miVec11"
## [41] "miVec12"      "miVec13"      "miVec14"      "miVec15"
## [45] "miVec20"      "miVec21"      "miVec22"      "miVec23"
## [49] "miVec24"      "miVec25"      "miVecArr"     "miVecArr02"
## [53] "miVecConf"    "miVecNA"      "miVecOp"      "msg"
## [57] "myCol"        "myRow"        "myText"       "myText2"
## [61] "myText3"      "myText4"      "myText5"      "nbrRep"
## [65] "newVec"       "newVec2"      "numbers"      "oldWd"
## [69] "opAriDf"      "sumIntDou"    "sumIntInt"    "termino01"
## [73] "termino02"    "vecForMat01"  "vecForMat02"  "vecForMat03"
## [77] "vecForMatrix" "vecManip"     "vecManip2"    "vecManip3"
## [81] "zzz"
```

9.3.9 rm()

La función `rm()` permite eliminar un objeto presente en el entorno de trabajo de R.

```
rm(zzz)
ls()
```

```
##  [1] "aLogic"       "bddInsect"    "characters"   "contrib"
##  [5] "dfForMat"     "factor01"     "i"            "irisCopy"
##  [9] "j"            "k"            "logicals"     "mdat"
## [13] "miArray"      "miArray02"    "miDf01"       "miDfSub01"
## [17] "miDfSub02"    "miDfSub03"    "miDfSub04"    "miList01"
## [21] "miList02"     "miList0203"   "miList03"     "miList04"
## [25] "miList05"     "miList06"     "miMat"        "miMat01"
## [29] "miMat02"      "miVec01"      "miVec02"      "miVec03"
## [33] "miVec04"      "miVec05"      "miVec06"      "miVec07"
## [37] "miVec08"      "miVec09"      "miVec10"      "miVec11"
## [41] "miVec12"      "miVec13"      "miVec14"      "miVec15"
## [45] "miVec20"      "miVec21"      "miVec22"      "miVec23"
## [49] "miVec24"      "miVec25"      "miVecArr"     "miVecArr02"
## [53] "miVecConf"    "miVecNA"      "miVecOp"      "msg"
## [57] "myCol"        "myRow"        "myText"       "myText2"
## [61] "myText3"      "myText4"      "myText5"      "nbrRep"
## [65] "newVec"       "newVec2"      "numbers"      "oldWd"
## [69] "opAriDf"      "sumIntDou"    "sumIntInt"    "termino01"
## [73] "termino02"    "vecForMat01"  "vecForMat02"  "vecForMat03"
## [77] "vecForMatrix" "vecManip"     "vecManip2"    "vecManip3"
```

9.4 Algunos ejercicios para practicar

Aquí hay algunos ejercicios para mejorar el uso de las funciones y aprender nuevas gracias a la documentación. Algunos ejercicios son difíciles, podremos volver a resolverlos más tarde.

9.4.1 Secuencias

9.4.1.1 Vamos a reproducir las siguientes secuencias:

-3 -4 -5 -6 -7 -8 -9 -10 –11

-3 -1 1 3 5 7 9 11

3.0 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0

20 18 16 14 12 10 8 6

“a” “f” “k” “p” “u” “z”

“a” “a” “a” “a” “a” “f” “f” “f” “f” “f” “k” “k” “k” “k” “k” “p” “p” “p” “p” “p” “u” “u” “u” “u” “u” “z” “z” “z” “z” “z”

9.4.1.2 Posibles soluciones (porque siempre hay varias soluciones):

```
-3:-11
```

```
## [1]  -3  -4  -5  -6  -7  -8  -9 -10 -11
```

```
seq(from = -3, to = 11, by = 2)
```

```
## [1] -3 -1  1  3  5  7  9 11
```

```
seq(from = 3.0, to = 4.0, by = 0.2)
```

```
## [1] 3.0 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0
```

```
letters[seq(from = 1, to = 26, by = 5)]
```

```
## [1] "a" "f" "k" "p" "u" "z"
```

```
letters[rep(seq(from = 1, to = 26, by = 5), each = 5)]
```

```
##  [1] "a" "a" "a" "a" "a" "f" "f" "f" "f" "f" "k" "k" "k" "k" "k" "p" "p"
## [18] "p" "p" "p" "u" "u" "u" "u" "u" "z" "z" "z" "z" "z"
```

9.4.2 Estadísticas descriptivas

En el conjunto de datos `iris`, ¿cuántos valores de ancho del sépalo son mayores que 3? Entre 2.8 y 3.2?

¿Cómo se puede visualizar la distribución de datos (función `table()`)?

¿Cuáles son los 10 valores más pequeños?

¿Cómo se calcula el intervalo que contiene el 90% de los valores?

Si la distribución de los datos era Normal, ¿cuál sería el valor teórico de este intervalo del 90% (función `qnorm()`)?

Soluciones:

```
length(iris$Sepal.Width[iris$Sepal.Width > 3])
```

```
## [1] 67
```

```
length(iris$Sepal.Width[iris$Sepal.Width > 2.8 &
  iris$Sepal.Width < 3.2])
```

```
## [1] 47
```

```
table(iris$Sepal.Width)
```

```
##
##   2 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9   3 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8
##   1   3   4   3   8   5   9  14  10  26  11  13   6  12   6   4   3   6
## 3.9   4 4.1 4.2 4.4
##   2   1   1   1   1
```

```
table(round(iris$Sepal.Width))
```

```
##
##   2   3   4
##  19 106  25
```

```
irisSepWCopy <- iris$Sepal.Width
irisSepWCopy <- irisSepWCopy[order(irisSepWCopy)]
head(irisSepWCopy, n = 10)
```

```
##  [1] 2.0 2.2 2.2 2.2 2.3 2.3 2.3 2.3 2.4 2.4
```

```
quantile(irisSepWCopy, probs = c(0.05, 0.95))
```

```
##    5%   95%
## 2.345 3.800
```

```
qnorm(
  p = c(0.05, 0.95),
  mean = mean(irisSepWCopy),
  sd = sd(irisSepWCopy)
)
```

```
## [1] 2.340397 3.774270
```

9.5 Escribir una función

Cuando reproducimos las mismas operaciones varias veces, el código se vuelve difícil de escribir y de mantener porque si tenemos que hacer una modificación, tendremos que repetirla cada vez que la usemos. Esto es un signo de la necesidad de usar una **función**. En el siguiente ejemplo, sera largo modificar el código si queremos agregar +45 en lugar de +20 para cada línea.

```
35 + 20
```

```
## [1] 55
```

```
758 + 20
```

```
## [1] 778
```

```r
862 + 20
```

```
## [1] 882
```

```r
782 + 20
```

```
## [1] 802
```

Como todas las funciones básicas de R, nuestras funciones tendrán un **nombre** y **argumentos**. Al igual que con los nombres de los objetos y los nombres de los archivos, es importante elegir bien el nombre de nuestra función (ver la sección sobre objetos). Para crear una función utilizaremos la función `function()` que toma como argumento los argumentos de nuestra función. La función devolverá el resultado deseado. Por defecto, el resultado devuelto es el último utilizado, pero es mejor usar la función `return()`. La siguiente función `addX()` toma como argumento `x` y devuelve `x + 20`.

```r
addX <- function(x){
  return(x + 20)
}
```

Nuestro código se convierte en:

```r
addX(35)
```

```
## [1] 55
```

```r
addX(758)
```

```
## [1] 778
```

```r
addX(862)
```

```
## [1] 882
```

```r
addX(782)
```

```
## [1] 802
```

Si queremos cambiar el código para agregar 45 en lugar de 20, simplemente cambiamos la función `addX()`.

```r
addX <- function(x){
  return(x + 45)
}
addX(35)
```

```
## [1] 80
```

```r
addX(758)
```

```
## [1] 803
```

```r
addX(862)
```

```
## [1] 907
```

```
addX(782)
```

```
## [1] 827
```

Aquí podríamos haber usado el formato `vector` para evitar la repetición, pero eso no siempre es posible.

```
c(35, 758, 862, 782) + 20
```

```
## [1]  55 778 882 802
```

Vamos a esribir una nueva función que contará el número de consonantes y vocales en minúsculas en una palabra. Primero separaremos todas las letras de la palabra con la función `strsplit` (podemos consultar la ayuda para saber más acerca de esta función). Luego contaremos las vocales y las consonantes con la función `length()`. Para la lista de letras, usaremos el objeto `letters` incluido en R que contiene las 26 letras en minuscula (consulte la ayuda con `?letters`).

```
print(letters) # las 26 letras
```

```
##  [1] "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q"
## [18] "r" "s" "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z"
```

```
countVowelConso <- function(word){ # nombre: countVowelConso ; argumento: word
  wordSplit <- strsplit(word, split = "")[[1]] # separar letras de word
  vowels <- c("a", "e", "i", "o", "u", "y") # las vocales
  numVowel <- length(wordSplit[wordSplit %in% vowels]) # numero de vocales
  consonants <- letters[!letters %in% vowels] # las consonantes
  numConso <- length(wordSplit[wordSplit %in% consonants]) # numero de consonantes
  return(c(numVowel, numConso)) # el resultado de la funcion
}
```

Ahora podemos usar nuestra función.

```
countVowelConso(word = "qwertyuiop azertyuiop")
```

```
## [1] 11  9
```

Esta función se puede modificar mostrando un mensaje más explícito. Aunque en general se debe evitar este tipo de mensaje para evitar sobrecargar las funciones, puede ser útil verificar que todo esté funcionando correctamente (luego lo borraremos).

```
countVowelConso <- function(word){
  wordSplit <- strsplit(word, split = "")[[1]]
  vowels <- c("a", "e", "i", "o", "u", "y")
  numVowel <- length(wordSplit[wordSplit %in% vowels])
  consonants <- letters[!letters %in% vowels]
  numConso <- length(wordSplit[wordSplit %in% consonants])
  print(paste0("Hay ", numVowel, " vocales y ",
    numConso, " consonantes en la palabra '", word, "'."))
  return(c(numVowel, numConso))
}
countVowelConso(word = "qwertyuiop azertyuiop")
```

```
## [1] "Hay 11 vocales y 9 consonantes en la palabra 'qwertyuiop azertyuiop'."
```

```
## [1] 11  9
```

Por otro lado, si usamos `countVowelConso(word = 5)`, se devolverá un error porque nuestra función espera un objeto de tipo `character`. En general, se recomienda *manejar los errores* devueltos por nuestras funciones para que nuestro código sea más fácil de mantener. Aquí simplemente comprobaremos que el argumento sea de tipo `character`, en un `vector` de tamaño 1. También comentaremos nuestra función para encontrar rápidamente lo que hace (comentario insertado en la primera línea, que a veces encontramos en la última línea de las funciones).

```
countVowelConso <- function(word){ # número de vocales y consonantes
  if(is.vector(word) & is.character(word) & length(word) == 1){
    wordSplit <- strsplit(word, split = "")[[1]]
    vowels <- c("a", "e", "i", "o", "u", "y")
    numVowel <- length(wordSplit[wordSplit %in% vowels])
    consonants <- letters[!letters %in% vowels]
    numConso <- length(wordSplit[wordSplit %in% consonants])
    return(c(numVowel, numConso))
  } else {
    print(paste0("Error: ",
      "argumento 'word' incorrecto (", word, ")"))
  }
}
countVowelConso(word = "qwertyuiop azertyuiop")
```

```
## [1] 11  9
```

```
countVowelConso(word = 5)
```

```
## [1] "Error: argumento 'word' incorrecto (5)"
```

Con R como para cualquier lenguaje de programación, para un problema siempre hay múltiples soluciones. Recordamos la sección sobre tipos de datos (tipo de datos `logical`), así como la sección sobre operadores de comparación que el valor de `TRUE` es 1 y el valor de `FALSE` es 0. Hemos visto anteriormente que la función `%in%` devuelve `TRUE` o `FALSE` para cada elemento del primer objeto dependiendo de su presencia o ausencia en el segundo objeto. Nuestra función podría haber usado otra función en lugar de `length()` para contar vocales y consonantes (función `sum()`).

```
countVowelConsoAlt <- function(word){ # número de vocales y consonantes
  if(is.vector(word) & is.character(word) & length(word) == 1){
    wordSplit <- strsplit(word, split = "")[[1]]
    vowels <- c("a", "e", "i", "o", "u", "y")
    numVowel <- sum(wordSplit %in% vowels) # <- cambio aqui
    consonants <- letters[!letters %in% vowels]
    numConso <- sum(wordSplit %in% consonants) # <- cambio aqui
    return(c(numVowel, numConso))
  } else {
    print(paste0("Error: ",
      "argumento 'word' incorrecto (", word, ")"))
  }
}
countVowelConsoAlt(word = "qwertyuiop azertyuiop")
```

```
## [1] 11  9
```

No existe una solución óptima en absoluto, todo depende de los objetivos deseados. La primera solución puede ser más fácil de entender, y la segunda puede ser más rápida en términos de velocidad de ejecución (repitiendo el uso de la función 10000 veces, el ahorro de tiempo es casi cero en nuestro caso).

```
system.time(replicate(n = 10000, countVowelConso(word = "qwertyuiop azertyuiop")))
```

```
##    user  system elapsed
##    0.15    0.00    0.16
```

```
system.time(replicate(n = 10000, countVowelConsoAlt(word = "qwertyuiop azertyuiop")))
```

```
##    user  system elapsed
##    0.18    0.00    0.17
```

Una función puede tener **valores predeterminados** para sus argumentos. Este es el caso para la mayoría de las funciones existentes. Por defecto, nuestra función ahora contará el número de vocales y consonantes en la palabra `qwerty` (los paréntesis son necesarios incluso en ausencia de argumentos).

```
countVowelConsoAlt <- function(word = "qwerty"){ # número de vocales y consonantes
  if(is.vector(word) & is.character(word) & length(word) == 1){
    wordSplit <- strsplit(word, split = "")[[1]]
    vowels <- c("a", "e", "i", "o", "u", "y")
    numVowel <- sum(wordSplit %in% vowels)
    consonants <- letters[!letters %in% vowels]
    numConso <- sum(wordSplit %in% consonants)
    return(c(numVowel, numConso))
  } else {
    print(paste0("Error: ",
      "argumento 'word' incorrecto (", word, ")"))
  }
}
countVowelConsoAlt() # no hay que olvidar los paréntesis
```

```
## [1] 2 4
```

R tiene muchas funciones, por lo tanto, antes de comenzar a escribir una nueva función, siempre debemos verificar que ya no exista en la versión básica de R o en los **packages** desarrollado por la comunidad de usuarios. Para esto podemos usar la ayuda con la función `??miBusqueda`, pero también nuestro navegador de Internet.

9.6 Otras funciones desarrolladas por la comunidad de usuarios: los *packages*

Un package (o paquete) es un conjunto de archivos que agregaremos a R para usar funciones (o conjuntos de datos) que otras personas hayan desarrollado. Actualmente hay más de 10,000 paquetes en los servidores CRAN de R (CRAN; `https://cran.r-project.org/web/packages/`), más de 1000 en los servidores de BioConductor (para análisis genómicos) y varios cientos en GitHub. Cada paquete hace posible usar nuevas funciones para casi todo … Por lo tanto, puede ser difícil encontrar el paquete adecuado para lo que queremos lograr, y es importante dedicar tiempo a la busqueda del paquete adecuado y probar varios soluciones.

Para usar un paquete, primero debemos **instalarlo**, y luego **cargarlo** en nuestra sesión R.

9.6.1 Instalar un paquete

Una vez que hemos seleccionado nuestro paquete, podemos descargarlo e instalarlo con la función `install.packages()`, que toma el nombre del paquete entre comillas como argumento (la función tolera la ausencia de comillas, pero es mejor usarlas para que el código sea más legible). Algunos paquetes ya son instalados por defecto con R, como `stats` (que también se carga de forma predeterminada).

```
install.packages("stats") # R statistical functions
```

La instalación de un paquete debe hacerse una vez, luego el paquete está en nuestra computadora.

9.6.2 Cargar un paquete

Para poder usar las funciones de un paquete, tenemos que cargarlo en nuestra sesión R. Hay tantos paquetes disponibles que R no cargará todos los que tenemos instalados por defecto, sino solo los que necesitaremos para nuestro estudio actual. Para cargar un paquete usamos la función `library()` o `require()`.

```
library("stats")
```

La carga del paquete debe hacerse cada vez que queremos ejecutar nuestro código, por lo tanto, es una parte integral de nuestro script.

9.6.3 Portabilidad del código

Acabamos de ver que la instalación de un paquete solo se debe hacer una vez por computadora, y que la carga de un paquete se debe lograr para cada nueva sesión de R. Si uno cambia de computadora o si compartimos un script con colegas, puede haber errores de ejecución relacionados con la falta de instalación de un paquete. Para superar este problema, se recomienda utilizar una función que verifique si los paquetes necesarios para ejecutar un script están instalados; si es necesario, instálelos y luego cárguelos. Hay muchas funciones para hacer esto en Internet. La solución que proponemos aquí es una mezcla adaptada de diferentes fuentes. No es necesario comprender los detalles de este script por el momento, sino simplemente comprender lo que hace. Este es un ejemplo para el paquete `stats` y `graphics`, dos paquetes que ya estan presente con la versión básica de R, pero podemos tratar todos los paquetes disponibles en CRAN; la lista se puede encontrar aquí: `https://cran.r-project.org/web/packages/available_packages_by_name.html`.

```
pkgCheck <- function(packages){
    for(x in packages){
        try(if(!require(x, character.only = TRUE)){
            install.packages(x, dependencies = TRUE)
            if(!require(x, character.only = TRUE)){
                stop()
            }
        })
    }
}
pkgCheck(c("stats", "graphics"))
```

Alternativamente, podemos usar la función `.packages()` para listar los paquetes disponibles en el CRAN en orden alfabético.

```
head(.packages(all.available = TRUE), n = 30)
```

```
##  [1] "abind"       "ade4"        "ape"         "assertthat"  "backports"
##  [6] "base64enc"   "BH"          "bindr"       "bindrcpp"    "bitops"
## [11] "bookdown"    "brew"        "broom"       "ca"          "callr"
## [16] "caret"       "cartography" "caTools"     "CircStats"   "classInt"
## [21] "cli"         "clipr"       "clisymbols"  "coda"        "colorRamps"
## [26] "colorspace"  "commonmark"  "cranlogs"    "crayon"      "crul"
```

La función `pkgCheck()` asegura la **portabilidad** de nuestros scripts: funcionarán en todas las computadoras sin tener que realizar ningún cambio. Por lo tanto, nuestros scipts pueden adjuntarse, por ejemplo, a nuestros artículos científicos y así garantizar la **reproducibilidad** de nuestros resultados.

9.7 Conclusión

Felicitaciones! Ahora sabemos reconocer y usar una función, sabemos cómo buscar ayuda para una función e incluso sabemos escribir nuestras propias funciones. También sabemos que hay muchas funciones desarrolladas por la comunidad de usuarios de R dentro de paquetes (*packages*) que sabemos cómo instalar y cargar, y asegurar la **portabilidad** de nuestros scripts de una computadora a otra (importante para la **reproducibilidad de los resultados**). El próximo capítulo se enfocará en leer y escribir archivos porque nuestros datos suelen estar en archivos de texto u hojas de cálculo.

Chapter 10

Importar y exportar datos

10.1 Leer datos de un archivo

10.1.1 Transformar datos en formato TXT o CSV

Hay muchas maneras de leer el contenido de un archivo con R. Sin embargo, nos enfocaremos en leer los archivos TXT y CSV que son los más comunes y los más confiables. Con raras excepciones, todos los archivos de datos se pueden transformar fácilmente en formatos TXT y CSV. Esta es la práctica preferida para el análisis de datos con R.

En concreto, desde Microsoft Excel, simplemente vamos a *Archivo*, luego *Guardar como*, seleccionamos el lugar donde queremos guardar nuestro archivo (hablaremos en el siguiente capítulo sobre la gestión de un proyecto R) y luego en el la ventana de copia de seguridad cambiamos el *Tipo* desde XLSX hacia CSV. Desde LibreOffice Calc, simplemente vamos a *Archivo*, luego *Guardar como*, luego seleccionamos el tipo *CSV*. Es importante saber que el archivo CSV no admite el formato de archivos de hoja de cálculo con, por ejemplo, colores, y que el archivo CSV contiene solo una pestaña. Si tenemos un archivo de hoja de cálculo con varias pestañas, tendremos que guardar tantos archivos CSV como pestañas.

CSV viene del Inglés *Comma-separated values* (`https://es.wikipedia.org/wiki/Valores_separados_por_comas`) y representa los datos de hoja de cálculo en un formato de texto separado por comas (o punto y coma según el país). Siempre se puede abrir un archivo CSV con software de hoja de cálculo, pero también con un editor de texto simple como el bloc de notas de Windows o con Notepad++. Es preferible abrir archivos CSV con un editor de texto porque las hojas de cálculo tienden a querer cambiar automáticamente los archivos CSV y esto tiene el efecto de dificultar su lectura.

Una vez que se obtiene el archivo TXT o CSV, la lectura del contenido desde R es fácil, aun que requiere un poco de rigor.

10.1.2 Leer un archivo CSV

Esta es la fuente de error más común para los principiantes en R. Es por eso que es importante leer y volver a leer este capítulo y lo siguiente sobre la gestión de un proyecto R con mucha atención.

R funciona en un directorio definido por defecto. Los usuarios de Rstudio u otro entorno de desarrollo especializado para R intentarán usar las opciones disponibles a través de los menús para establecer su directorio de trabajo o cargar el contenido de un archivo. En este libro, estas técnicas nunca se usarán porque no permiten la reproducibilidad de los resultados. Un script debe poder funcionar para todos los sistemas operativos y sin tener en cuenta el entorno de desarrollo del usuario.

El directorio de trabajo por defecto se puede obtener con la función `getwd()` y cambiar con la función `setwd()`.

```
oldWd <- getwd()
print(oldWd)
```

```
## [1] "C:/Users/nous/Documents/Francois/TRAVAIL/GitHub/myRbook_SP"
```

```
setwd("..")
getwd()
```

```
## [1] "C:/Users/nous/Documents/Francois/TRAVAIL/GitHub"
```

```
setwd(oldWd)
getwd()
```

```
## [1] "C:/Users/nous/Documents/Francois/TRAVAIL/GitHub/myRbook_SP"
```

Entonces tenemos cuatro opciones:

- podemos leer el contenido de un archivo indicando a R su ruta completa (limitacion para la reproducibilidad de los resultados)
- podemos leer el contenido de un archivo indicando a R su ruta relativa
- podemos mover el archivo en el directorio de trabajo de R
- podemos modificar el directorio de trabajo de R para que coincida con la ubicación de nuestro archivo (con su ruta relativa)

Un ejemplo de una ruta completa sería:

- `/home/myName/myFile.csv` en un entorno UNIX
- `C:/users/myName/myFile.csv` bajo un entorno de Windows (tenga cuidado, bajo R utilizamos `/` y no `\` como es el caso por defecto en Windows)

Un camino relativo sería:

- `myName/myFiles.csv`

Para navegar por las rutas relativas, podemos usar `..` que permite volver al directorio de origen. Por ejemplo, si el directorio de trabajo es `myScripts` y el árbol de mis archivos es:

```
## -myProject
## |-myFiles
## |-|-data01.csv
## |-|-data02.csv
## |-myScripts
## |-|-myFirstScript.R
```

La ruta relativa al archivo `data01.csv` sería `../myFiles/data01.csv`

Entonces, para leer el contenido del archivo `data01.csv`, privilegiaremos la opción 2 (leer el contenido de un archivo que indicando su ruta relativa) o la opción 4 (modificar el directorio de trabajo de R para que coincida con la ubicación de nuestro archivo). En el último caso:

```
myWD <- "../myFiles/"
setwd(myWd)
getwd() # para verificar que estamos en el directorio correcto
list.files() # para verificar que el archivo está aquí
```

El error más común:

```
## Error in setwd("../myFiles/") :
## no se puede cambiar el directorio de trabajo
```

Esto significa que el directorio no existe (se debe verificar que la sintaxis sea correcta y que el directorio exista con esta ruta).

Una vez que el directorio de trabajo está definido correctamente o la ruta relativa al archivo está establecida correctamente, podemos leer el archivo con la función `read.table()`. Algunos usan la función `read.csv()` pero este es solo un caso especial de `read.table()`.

```
myWD <- "../myFiles/"
setwd(myWd)
read.table(file = "data01.csv")
```

o alternativamente:

```
read.table(file = "../myFiles/data01.csv")
```

Si la ruta no se llena correctamente o si el archivo de datos no existe, R devolverá el siguiente error:

```
## Error in file(file, "rt") : incapaz de abrir la conexión
## De más : Warning message:
## In file(file, "rt") :
##   incapaz de abrir el archivo '../myFiles/data01.csv' : No such file or directory
```

Si todo está bien, R muestra el contenido del archivo `data01.csv`. Advertencia a los usuarios de Windows porque por defecto no aparece la extensión de los archivos... Así que cuando navegamos a través de directorios con el explorador de archivos, no hay `data01.csv`, pero sólo un archivo `data01`. Es esencial remediar este problema para evitar errores. Para hacer esto, simplemente abrimos las 'Opciones del Explorador de archivos' a través de la tecla 'Windows', luego en la pestaña 'Ver', verificamos que la opción 'Ocultar extensiones de archivos cuyo tipo es conocido' no está marcado.

Consultando la ayuda sobre la función `read.table()`, podemos ver que tiene muchos argumentos. Los principales son:

- `header = FALSE`: ¿el archivo contiene nombres de columna? Si es así, cambiamos el valor a `header = TRUE`
- `sep =" "`: ¿cómo se separan los datos de la tabla? En un archivo CSV es la coma o el punto y coma, así que cambiamos a `sep = ","` o `sep = ";"`
- `dec =". "`: ¿cuál es el separador de los números decimales? Si es la coma, entonces debes cambiar a `dec = ","`

Con estos tres argumentos, la mayoría de los archivos se pueden leer sin ningún problema. En caso de necesidad, la ayuda de esta función es muy completa.

La función `read.table ()` devuelve el contenido del archivo como `data.frame`. Para poder usar el contenido del archivo, almacenaremos el `data.frame` en un objeto.

```
myWD <- "../myFiles/"
setwd(myWd)
data01 <- read.table(file = "data01.csv")
str(data01) # verificar el formato de los datos
head(data01) # vverificar los primeros datos
```

El estudio de caso sobre el análisis de datos de datalogger se basa en un archivo CSV. Aquí hay un extracto:

```
bdd <- read.table("myFiles/E05C13.csv", skip = 1, header = TRUE,
  sep = ",", dec = ".", stringsAsFactors = FALSE)
colnames(bdd) <- c("id", "date", "temp")
head(bdd)
```

```
##   id             date  temp
## 1  1 11/12/15 23:00:00 4.973
## 2  2 11/12/15 23:30:00 4.766
## 3  3 11/13/15 00:00:00 4.844
## 4  4 11/13/15 00:30:00 4.844
```

```
## 5  5 11/13/15 01:00:00 5.076
## 6  6 11/13/15 01:30:00 5.282
```

```
tail(bdd)
```

```
##          id              date  temp
## 32781 32781 09/25/17 21:00:00 7.091
## 32782 32782 09/25/17 21:30:00 6.914
## 32783 32783 09/25/17 22:00:00 6.813
## 32784 32784 09/25/17 22:30:00 6.611
## 32785 32785 09/25/17 23:00:00 6.331
## 32786 32786 09/25/17 23:30:00 5.385
```

```
str(bdd)
```

```
## 'data.frame':    32786 obs. of  3 variables:
##  $ id  : int  1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
##  $ date: chr  "11/12/15 23:00:00" "11/12/15 23:30:00" "11/13/15 00:00:00" "11/13/15 00:30:00" ...
##  $ temp: num  4.97 4.77 4.84 4.84 5.08 ...
```

10.1.3 Leer un archivo de texto

La función más simple para leer un archivo que contiene texto es `readlines()`. Aquí hay un ejemplo con el archivo README.md de este libro, que se encuentra en GitHub.

```
readmeGitHub <- "https://raw.githubusercontent.com/frareb/myRBook_SP/master/README.md"
readLines(readmeGitHub)
```

```
## [1] "# myRBook_SP"
## [2] "Aqui se encuentra el cÃ³digo fuente del libro  *Aprender R: iniciaciÃ³n y perfeccionamiento*, c
```

También está la función `scan()` que devolve todas las palabras separadas por espacios. Podemos consultar la ayuda para obtener más información.

```
scan(readmeGitHub, what = "character")
```

```
##  [1] "#"                 "myRBook_SP"        "Aqui"
##  [4] "se"                "encuentra"         "el"
##  [7] "cÃ³digo"            "fuente"            "del"
## [10] "libro"             "*Aprender"         "R:"
## [13] "iniciaciÃ³n"        "y"                 "perfeccionamiento*,"
## [16] "construido"        "con"               "bookdown."
```

10.2 Guardar datos para R

A veces es útil poder guardar un objeto R para poder reutilizarlo más tarde. Este es el caso, por ejemplo, cuando el tiempo de cálculo para llegar a un resultado es muy largo, o cuando queremos liberar espacio en la RAM. Para hacer esto, existe la función `save()` que toma como argumento principal el nombre de los objetos que queremos guardar.

El objeto guardado se almacenará en un archivo. Por convención, es bueno dar como nombre de extensión `.RData` a los archivos que contienen objetos R, preferir un solo objeto por archivo, y dar el nombre del objeto como nombre del archivo.

```
myObject <- 5
ls(pattern = "myObject")
```

```
## [1] "myObject"
```

```
save(myObject, file = "myFiles/myObject.RData")
rm(myObject)
ls(pattern = "myObject")
```

```
## character(0)
```

Si necesitamos el objeto guardado en el archivo, podemos volver a cargarlo con la función `load()`.

```
ls(pattern = "myObject")
```

```
## character(0)
```

```
load("myFiles/myObject.RData")
ls(pattern = "myObject")
```

```
## [1] "myObject"
```

```
print(myObject)
```

```
## [1] 5
```

10.3 Exportar datos

La mejor forma de comunicar sus resultados o datos es enviar sus scripts y archivos de datos. A veces esto no es posible o no es adecuado, y puede ser útil exportar sus datos en un archivo de texto o CSV. Para hacer esto, existe la función genérica `write()` y la función `write.table()` para `data.frame`.

Por ejemplo, crearemos un `data.frame` con los números del 1 al 26 y las letras correspondientes, luego los guardaremos en un archivo CSV, luego volveremos a leer los datos contenidos en este archivo.

```
dfLetters <- data.frame(num = 1:26, letters = letters)
write.table(dfLetters, file = "myFiles/dfLetters.csv",
  sep = ",", col.names = TRUE, row.names = FALSE)
read.table(file = "myFiles/dfLetters.csv", header = TRUE, sep = ",")
```

```
##    num letters
## 1    1       a
## 2    2       b
## 3    3       c
## 4    4       d
## 5    5       e
## 6    6       f
## 7    7       g
## 8    8       h
## 9    9       i
## 10  10       j
```

```
## 11  11       k
## 12  12       l
## 13  13       m
## 14  14       n
## 15  15       o
## 16  16       p
## 17  17       q
## 18  18       r
## 19  19       s
## 20  20       t
## 21  21       u
## 22  22       v
## 23  23       w
## 24  24       x
## 25  25       y
## 26  26       z
```

10.4 Conclusión

Felicitaciones! Ahora sabemos cómo leer datos de un archivo de texto o CSV, guardar y cargar datos de RData, y escribir en un archivo. El error más común entre los principiantes en R es la lectura de archivos de datos. Es por eso que este capítulo es para leer y volver a leer sin moderación.

Chapter 11

Algorítmico

11.1 Pruebas lógicas con `if`

Si queremos realizar una operación diferente según una condición, podemos configurar una prueba lógica del tipo **SI** *esto* **ENTONCES** *esto* **SINO** *esto*. Con R esto dará como resultado la función `if(cond) cons.express alt.expr` como se muestra en la función help.

```
myVar <- 2
if(myVar < 3) print("myVar < 3")
```

```
## [1] "myVar < 3"
```

```
if(myVar < 3) print("myVar < 3") else print("myVar > 3")
```

```
## [1] "myVar < 3"
```

Cuando hay varias líneas de código para ejecutar basadas en la prueba lógica, o simplemente para hacer que el código sea más fácil de leer, utilizamos varias líneas con `{}` y con identacion.

```
myVar <- 2
myResult <- 0
if(myVar < 3){
  print("myVar < 3")
  myResult <- myVar + 10
} else {
  print("myVar > 3")
  myResult <- myVar - 10
}
```

```
## [1] "myVar < 3"
```

```
print(myResult)
```

```
## [1] 12
```

En este ejemplo definimos una variable `myVar`. Si esta variable es menor que 3, la variable `myResult` se establece en `myVar + 10`, y de lo contrario `myResult` se establece en `myVar - 10`.

Ya hemos visto el uso de la prueba lógica `if` en el capítulo sobre las funciones. Habiamos probado si la variable ingresada como argumento en nuestra función era de tipo `character`.

```
myVar <- "qwerty"
if(is.character(myVar)){
  print("ok")
} else {
  print("error")
}
```

```
## [1] "ok"
```

También podemos anidar pruebas lógicas entre sí.

```
myVar <- TRUE
if(is.character(myVar)){
  print("myVar: character")
} else {
  if(is.numeric(myVar)){
    print("myVar: numeric")
  } else {
    if(is.logical(myVar)){
      print("myVar: logical")
    } else {
      print("myVar: ...")
    }
  }
}
```

```
## [1] "myVar: logical"
```

También es posible estipular varias condiciones, como vimos en el capítulo sobre operadores de comparación.

```
myVar <- 2
if(myVar > 1 & myVar < 50){
  print("ok")
}
```

```
## [1] "ok"
```

En este ejemplo, `myVar` está en formato `numeric`, por lo que la primera condición (`> 1`) y la segunda condición (`< 50`) son verificables. Por otro lado, si asignamos una variable de tipo `character` a `myVar` entonces R transformará 0 y 10 en objetos de tipo `character` y probará si `myVar> "1"` y despues si `myVar < "50"` basandose en la clasificación alfabética. En el siguiente ejemplo, `"azerty"` no está ubicado segun el orden alfabético entre `"1"` y `"50"`, pero para `"2azerty"` es el caso, lo que resulta problematico.

```
myVar <- "azerty"
limInit <- 1
limEnd <- 50
if(myVar > limInit & myVar < limEnd){
  print(paste0(myVar, " is between ", limInit, " and ", limEnd, "."))
} else {
  print(paste0(myVar, " not between ", limInit, " and ", limEnd, "."))
}
```

```
## [1] "azerty not between 1 and 50."
```

```
myVar <- "2azerty"
if(myVar > limInit & myVar < limEnd){
  print(paste0(myVar, " is between ", limInit, " and ", limEnd, "."))
} else {
  print(paste0(myVar, " not between ", limInit, " and ", limEnd, "."))
}
```

```
## [1] "2azerty is between 1 and 50."
```

Entonces, lo que nos gustaría hacer es probar si `myVar` está en formato `numeric`, y entonces solo si es el caso probar las siguientes condiciones.

```
myVar <- "2azerty"
if(is.numeric(myVar)){
  if(myVar > limInit & myVar < limEnd){
    print(paste0(myVar, " is between ", limInit, " and ", limEnd, "."))
  } else {
    print(paste0(myVar, " not between ", limInit, " and ", limEnd, "."))
  }
} else {
  print(paste0("Object ", myVar, " is not numeric"))
}
```

```
## [1] "Object 2azerty is not numeric"
```

A veces es posible que necesitemos probar una primera condición y luego una segunda condición solo si la primera es verdadera en la misma prueba. Por ejemplo, para un sitio nos gustaría saber si hay una sola especie y probar si su abundancia es mayor que 10. Imagine un conjunto de datos con abundancia de vectores. Probaremos el número de especies con la función `length()`.

```
mySpecies <- c(15, 14, 20, 12)
if(length(mySpecies) == 1 & mySpecies > 10){
  print("ok!")
}
## Warning message:
## In if (length(mySpecies) == 1 & mySpecies > 10) { :
##   the condition has length > 1 and only the first element will be used
```

R devuelve un error porque no puede dentro de una prueba lógica con `if()` verificar la segunda condición. De hecho, `mySpecies > 10` devuelve `TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE`. Podemos separar el código en dos condiciones:

```
mySpecies <- c(15, 14, 20, 12)
if(length(mySpecies) == 1){
  if(mySpecies > 10){
    print("ok!")
  }
}
```

Una alternativa más elegante es decirle a R que verifique la segunda condición solo si la primera es verdadera. Para eso podemos usar `&&` en lugar de `&`.

```
mySpecies <- c(15, 14, 20, 12)
if(length(mySpecies) == 1 && mySpecies > 10){
  print("ok!")
}
mySpecies <- 15
if(length(mySpecies) == 1 && mySpecies > 10){
  print("ok!")
}
```

```
## [1] "ok!"
```

```
mySpecies <- 5
if(length(mySpecies) == 1 && mySpecies > 10){
  print("ok!")
}
```

Con & R comprobará todas las condiciones, y con && R tomará cada condición una después de la otra y continuará solo si es verdadera. Esto puede parecer anecdótico, pero es bueno saber la diferencia entre & y && porque a menudo los encontramos en los códigos disponibles en Internet o en los paquetes.

11.2 Pruebas lógicas con `switch`

La función `switch()` es una variante de `if()` que es útil cuando tenemos muchas opciones posibles para la misma expresión. El siguiente ejemplo muestra cómo transformar el código usando `if()` a `switch()`.

```
x <- "aa"
if(x == "a"){
  result <- 1
}
if(x == "aa"){
  result <- 2
}
if(x == "aaa"){
  result <- 3
}
if(x == "aaaa"){
  result <- 4
}
print(result)
```

```
## [1] 2
```

```
x <- "aa"
switch(x,
  a = result <- 1,
  aa = result <- 2,
  aaa = result <- 3,
  aaaa = result <- 4)
print(result)
```

```
## [1] 2
```

11.3 El bucle `for`

En programación, cuando tenemos que repetir la misma línea de código varias veces, es un signo que indica que debemos usar un **bucle**. Un bucle es una forma de iterar sobre un conjunto de objetos (o los elementos de un objeto) y repetir una operación. Imaginamos un `data.frame` con mediciones de datos de campo en dos fechas.

```
bdd <- data.frame(date01 = rnorm(n = 100, mean = 10, sd = 1),
                  date02 = rnorm(n = 100, mean = 10, sd = 1))
print(head(bdd))
```

```
##      date01    date02
## 1  9.803862  9.783750
## 2 10.256415 10.423276
## 3  9.139543  9.364392
## 4  9.130944  9.352317
## 5  9.095104 10.984801
## 6 10.090406 10.438656
```

Nos gustaría cuantificar la diferencia entre la primera y la segunda fecha, luego poner un indicador para saber si esta diferencia es pequeña o grande, por ejemplo, con un umbral arbitrario de 3. Entonces, para cada línea podríamos hacer:

```
bdd$dif <- NA
bdd$isDifBig <- NA

bdd$dif[1] <- sqrt((bdd$date01[1] - bdd$date02[1])^2)
bdd$dif[2] <- sqrt((bdd$date01[2] - bdd$date02[2])^2)
bdd$dif[3] <- sqrt((bdd$date01[3] - bdd$date02[3])^2)
# ...
bdd$dif[100] <- sqrt((bdd$date01[100] - bdd$date02[100])^2)

if(bdd$dif[1] > 3){
  bdd$isDifBig[1] <- "big"
}else{
  bdd$isDifBig[1] <- "small"
}
if(bdd$dif[2] > 3){
  bdd$isDifBig[2] <- "big"
}else{
  bdd$isDifBig[2] <- "small"
}
if(bdd$dif[3] > 3){
  bdd$isDifBig[3] <- "big"
}else{
  bdd$isDifBig[3] <- "small"
}
# ...
if(bdd$dif[100] > 3){
  bdd$isDifBig[100] <- "big"
}else{
  bdd$isDifBig[100] <- "small"
}
```

Esta forma de hacer las cosas sería extremadamente tediosa de lograr, y casi imposible de lograr si la tabla contuviera 1000 o 100000 líneas. Puede parecer lógico querer iterar sobre las líneas de nuestro `data.frame` para obtener las nuevas columnas.

Es lo que vamos a hacer aun que no es la solución que retendremos más adelante.

Vamos a usar un bucle `for()`. El bucle `for()` recorrerá los elementos de un objeto que vamos a dar como argumento. Por ejemplo, aquí hay un bucle que para todos los números del 3 al 9 calculará su valor al cuadrado. El valor actual del número está simbolizado por un objeto que puede tomar el nombre que queramos (aquí será `i`).

```
for(i in c(3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)){
  print(i^2)
}
```

```
## [1] 9
## [1] 16
## [1] 25
## [1] 36
## [1] 49
## [1] 64
## [1] 81
```

Eso podemos mejorar usando la función `:`.

```
for(i in 3:9){
  print(i^2)
}
```

El bucle `for()` puede iterar sobre todos los tipos de elementos.

```
nChar <- c("a", "z", "e", "r", "t", "y")
for(i in nChar){
  print(i)
}
```

```
## [1] "a"
## [1] "z"
## [1] "e"
## [1] "r"
## [1] "t"
## [1] "y"
```

Volvamos a nuestro caso. Vamos a iterar sobre el número de líneas de nuestro `data.frame` `bdd`. Antes de eso crearemos las columnas `dif` y `isDifBig` con los valores `NA`. Luego usaremos la función `nrow()` para encontrar el número de líneas.

```
bdd$dif <- NA
bdd$isDifBig <- NA
for(i in 1:nrow(bdd)){
  bdd$dif[i] <- sqrt((bdd$date01[i] - bdd$date02[i])^2)
  if(bdd$dif[i] > 3){
    bdd$isDifBig[i] <- "big"
  }else{
    bdd$isDifBig[i] <- "small"
  }
}
print(head(bdd, n = 20))
```

```
##       date01    date02        dif isDifBig
## 1   9.803862  9.783750 0.02011195    small
```

```
## 2  10.256415 10.423276 0.16686079    small
## 3   9.139543  9.364392 0.22484941    small
## 4   9.130944  9.352317 0.22137325    small
## 5   9.095104 10.984801 1.88969669    small
## 6  10.090406 10.438656 0.34824996    small
## 7   9.959970 10.631930 0.67195987    small
## 8   9.987719 12.021353 2.03363459    small
## 9   9.264376 10.613208 1.34883247    small
## 10 10.646732 10.199784 0.44694837    small
## 11  9.063558 10.439383 1.37582505    small
## 12 11.184206  8.993523 2.19068305    small
## 13 10.281454 10.417827 0.13637304    small
## 14  9.594794  8.953357 0.64143774    small
## 15 11.529066 10.553782 0.97528422    small
## 16 11.010535 10.818919 0.19161634    small
## 17 11.187582  8.585081 2.60250094    small
## 18  9.344624 10.693910 1.34928641    small
## 19  9.739545  9.817752 0.07820680    small
## 20  9.536715 11.353469 1.81675408    small
```

En la práctica, esta no es la mejor manera de realizar este ejercicio porque se trata de cálculos simples en vectores contenidos en un `data.frame`. R es particularmente potente para realizar operaciones en vectores. Donde sea posible, siempre tenemos que enfócarnos en operaciones vectoriales. Aquí nuestro código se convierte en:

```
bdd$dif <- sqrt((bdd$date01 - bdd$date02)^2)
bdd$isDifBig <- "small"
bdd$isDifBig[bdd$dif > 3] <- "big"
print(head(bdd, n = 20))
```

```
##       date01    date02        dif isDifBig
## 1   9.803862  9.783750 0.02011195    small
## 2  10.256415 10.423276 0.16686079    small
## 3   9.139543  9.364392 0.22484941    small
## 4   9.130944  9.352317 0.22137325    small
## 5   9.095104 10.984801 1.88969669    small
## 6  10.090406 10.438656 0.34824996    small
## 7   9.959970 10.631930 0.67195987    small
## 8   9.987719 12.021353 2.03363459    small
## 9   9.264376 10.613208 1.34883247    small
## 10 10.646732 10.199784 0.44694837    small
## 11  9.063558 10.439383 1.37582505    small
## 12 11.184206  8.993523 2.19068305    small
## 13 10.281454 10.417827 0.13637304    small
## 14  9.594794  8.953357 0.64143774    small
## 15 11.529066 10.553782 0.97528422    small
## 16 11.010535 10.818919 0.19161634    small
## 17 11.187582  8.585081 2.60250094    small
## 18  9.344624 10.693910 1.34928641    small
## 19  9.739545  9.817752 0.07820680    small
## 20  9.536715 11.353469 1.81675408    small
```

La mayoría de los ejemplos que se pueden encontrar en Internet sobre el bucle `for()` pueden reemplazarse por operaciones vectoriales. Aquí hay algunos ejemplos adaptados de varias fuentes:

```r
# prueba si los números son pares
# [1] FOR
x <- sample(1:100, size = 20)
count <- 0
for (val in x) {
  if(val %% 2 == 0){
    count <- count + 1
  }
}
print(count)
```

```
## [1] 13
```

```r
# [2] VECTOR
sum(x %% 2 == 0)
```

```
## [1] 13
```

```r
# calcular cuadrados
# [1] FOR
x <- rep(0, 20)
for (j in 1:20){
  x[j] <- j^2
}
print(x)
```

```
##  [1]   1   4   9  16  25  36  49  64  81 100 121 144 169 196 225 256 289
## [18] 324 361 400
```

```r
# [2] VECTOR
(1:20)^2
```

```
##  [1]   1   4   9  16  25  36  49  64  81 100 121 144 169 196 225 256 289
## [18] 324 361 400
```

```r
# repetir una tirada de dados y promediar
# [1] FOR
ntrials = 1000
trials = rep(0, ntrials)
for (j in 1:ntrials){
  trials[j] = sample(1:6, size = 1)
}
mean(trials)
```

```
## [1] 3.454
```

```r
# [2] VECTOR
mean(sample(1:6, ntrials, replace = TRUE))
```

```
## [1] 3.567
```

Es un buen ejercicio explorar los muchos ejemplos disponibles en Internet en el bucle `for()` e intentar convertirlos en operaciones vectoriales. Esto nos permite adquirir buenos reflejos de programación con R. El bucle `for()` es muy útil, por ejemplo,

para leer varios archivos y tratar la información que contienen de la misma manera, hacer gráficos, o Cuando las operaciones vectoriales se vuelven tediosas. Imagina una matriz de 10 columnas y 100 líneas. Queremos la suma de cada línea (veremos cómo hacer con la función `apply()` mas adelante).

```
myMat <- matrix(sample(1:100, size = 1000, replace = TRUE), ncol = 10)
# VECTOR
sumRow <- myMat[, 1] + myMat[, 2] + myMat[, 3] + myMat[, 4] +
  myMat[, 5] + myMat[, 6] + myMat[, 7] + myMat[, 8] +
  myMat[, 9] + myMat[, 10]
print(sumRow)
```

```
##   [1] 502 599 367 354 556 504 458 476 441 567 474 452 532 665 474 409 642
##  [18] 452 548 437 479 381 432 362 468 580 383 518 461 475 524 584 407 525
##  [35] 696 511 490 616 377 389 696 671 491 361 653 439 371 547 438 647 516
##  [52] 612 356 377 371 550 433 667 559 542 471 600 638 471 404 690 397 507
##  [69] 477 454 524 526 572 589 402 606 372 684 527 566 579 670 423 434 552
##  [86] 523 577 455 579 541 412 598 485 632 479 371 411 449 656 587
```

```
# FOR
sumRow <- rep(NA, times = nrow(myMat))
for(j in 1:nrow(myMat)){
  sumRow[j] <- sum(myMat[j, ])
}
print(sumRow)
```

```
##   [1] 502 599 367 354 556 504 458 476 441 567 474 452 532 665 474 409 642
##  [18] 452 548 437 479 381 432 362 468 580 383 518 461 475 524 584 407 525
##  [35] 696 511 490 616 377 389 696 671 491 361 653 439 371 547 438 647 516
##  [52] 612 356 377 371 550 433 667 559 542 471 600 638 471 404 690 397 507
##  [69] 477 454 524 526 572 589 402 606 372 684 527 566 579 670 423 434 552
##  [86] 523 577 455 579 541 412 598 485 632 479 371 411 449 656 587
```

En conclusión, se recomienda no usar el bucle `for()` con R siempre que sea posible, y en este capítulo veremos alternativas como los bucles familiares `apply()`.

11.4 El bucle `while`

El bucle `while()`, a diferencia del bucle `for()`, significa *MIENTRAS*. Mientras no se cumpla una condición, el bucle continuará ejecutándose. Atención porque en caso de error, podemos programar fácilmente bucles que nunca terminan. Este bucle es menos común que el bucle `for()`. Tomemos un ejemplo:

```
i <- 0
while(i < 10){
  print(i)
  i <- i + 1
}
```

```
## [1] 0
## [1] 1
## [1] 2
## [1] 3
## [1] 4
```

```
## [1] 5
## [1] 6
## [1] 7
## [1] 8
## [1] 9
```

En este ejemplo, la variable `i` tiene como valor inicial 0. MIENTRAS QUE `i < 10`, mostramos `i` con `print()`. Para que este bucle finalice, no olvidamos cambiar el valor de `i`, esto se hace con la línea `i <- i + 1`. Cuando la condición `i < 10` ya no se cumple, el bucle se detiene.

El bucle `while()` es muy útil para crear scripts que realizarán cálculos en variables cuyo valor cambia con el tiempo. Por ejemplo, imaginamos un número entre 0 y 10000 y un generador aleatorio que intentará determinar el valor de este número. Si queremos limitar los intentos de R a 2 segundos, podemos escribir el siguiente script (que debería funcionar cada vez en una computadora de escritorio típica que pueda realizar fácilmente 35000 pruebas en 2 segundos):

```
myNumber <- sample(x = 10000, size = 1)
myGuess <- sample(x = 10000, size = 1)
startTime <- Sys.time()
numberGuess <- 0
while(Sys.time() - startTime < 2){
  if(myGuess == myNumber){
    numberGuess <- numberGuess + 1
    print("Number found !")
    print(paste0("And I have plenty of time left: ",
      round(2 - as.numeric(Sys.time() - startTime), digits = 2),
      " sec"))
    break
  }else{
    myGuess <- sample(x = 10000, size = 1)
    numberGuess <- numberGuess + 1
  }
}
```

```
## [1] "Number found !"
## [1] "And I have plenty of time left: 1.22 sec"
```

En este script generamos un número aleatorio para adivinar con la función `sample()`, y cada uno de los intentos con la misma función `sample()`. Luego usamos la función `Sys.time()` (con una S mayúscula a `Sys`), para saber la hora de inicio del bucle. Siempre que la diferencia entre cada iteración del bucle y la hora de inicio sea inferior a 2 segundos, el bucle `while()` verificará si el número correcto estaba adivinando en la prueba lógica con `if()` y luego si es el caso nos informa que se encontró el número, y nos indica el tiempo restante antes de los dos segundos. Luego para finalizar el bucle usamos la palabra clave "break" en la que volveremos. En resumen, `break`, permite salir de un bucle. Si no se ha adivinado el número, el bucle realiza otra prueba con la función `sample()`.

Más concretamente, podríamos imaginar algoritmos para explorar un espacio de soluciones a un problema con un tiempo limitado para lograrlo. El bucle `while()` también puede ser útil para que un script se ejecute solo cuando un archivo de otro programa esté disponible … En la práctica, el bucle `while()` se usa poco con R.

11.5 El bucle `repeat`

El bucle `repeat()` permite repetir una operación sin condiciones para verificar. Para salir de este bucle debemos usar la palabra clave `break`.

```
i <- 1
repeat{
  print(i^2)
  i <- i + 1
  if(i == 5){
    break
  }
}
```

```
## [1] 1
## [1] 4
## [1] 9
## [1] 16
```

Si volvemos al ejemplo anterior, podemos usar un bucle `repeat()` para repetirlo cinco veces.

```
numTry <- 0
repeat{
  myNumber <- sample(x = 10000, size = 1)
  myGuess <- sample(x = 10000, size = 1)
  startTime <- Sys.time()
  numberGuess <- 0
  while(Sys.time() - startTime < 2){
    if(myGuess == myNumber){
      numberGuess <- numberGuess + 1
      print(round(as.numeric(Sys.time() - startTime), digits = 3))
      break
    }else{
      myGuess <- sample(x = 10000, size = 1)
      numberGuess <- numberGuess + 1
    }
  }
  numTry <- numTry + 1
  if(numTry == 5){break}
}
```

```
## [1] 0.334
## [1] 1.385
## [1] 0.073
## [1] 1.305
## [1] 0.797
```

Al igual que el bucle `while()`, el bucle `repeat()` no se usa mucho con R.

11.6 `next` y `break`

Ya hemos visto la palabra clave `break` que permite salir del bucle actual. Por ejemplo, si buscamos el primer dígito después de 111 que es divisible por 32:

```
myVars <- 111:1000
for(myVar in myVars){
  if(myVar %% 32 == 0){
```

```
    print(myVar)
    break
  }
}
```

```
## [1] 128
```

Aunque hemos visto que en la práctica podemos evitar el bucle `for()` con una operación vectorial:

```
(111:1000)[111:1000 %% 32 == 0][1]
```

```
## [1] 128
```

La palabra clave `next` permite pasar a la siguiente iteración de un bucle si se cumple una determinada condición. Por ejemplo, si queremos imprimir las letras del alfabeto sin las vocales:

```
for(myLetter in letters){
  if(myLetter %in% c("a", "e", "i", "o", "u", "y")){
    next
  }
  print(myLetter)
}
```

```
## [1] "b"
## [1] "c"
## [1] "d"
## [1] "f"
## [1] "g"
## [1] "h"
## [1] "j"
## [1] "k"
## [1] "l"
## [1] "m"
## [1] "n"
## [1] "p"
## [1] "q"
## [1] "r"
## [1] "s"
## [1] "t"
## [1] "v"
## [1] "w"
## [1] "x"
## [1] "z"
```

De nuevo podimos evitar el bucle `for()` con:

```
letters[! letters %in% c("a", "e", "i", "o", "u", "y")]
```

```
##  [1] "b" "c" "d" "f" "g" "h" "j" "k" "l" "m" "n" "p" "q" "r" "s" "t" "v"
## [18] "w" "x" "z"
```

En conclusión, si usamos bucles, las palabras clave `next` y `break` suelen ser muy útiles, pero siempre que sea posible es mejor usar operaciones vectoriales. Cuando no es posible trabajar con vectores, es mejor usar los bucles del tipo `apply` que son el tema de la siguiente sección.

11.7 Los bucles de la familia `apply`

11.7.1 `apply`

La función `apply()` permite aplicar una función a todos los elementos de un `array` o un `matrix`. Por ejemplo, si queremos saber la suma de cada fila de una `matriz` de 10 columnas y 100 líneas:

```
myMat <- matrix(sample(1:100, size = 1000, replace = TRUE), ncol = 10)
apply(X = myMat, MARGIN = 1, FUN = sum)
```

```
##   [1] 489 521 426 582 756 431 535 457 509 444 466 528 511 427 412 613 508
##  [18] 521 694 584 419 552 544 636 432 334 504 563 616 436 688 561 391 316
##  [35] 374 377 492 340 474 439 442 577 642 715 598 447 630 569 632 373 544
##  [52] 481 525 452 464 455 447 418 484 486 507 563 402 474 419 508 524 343
##  [69] 383 476 465 497 462 504 541 564 425 503 607 649 434 437 329 625 538
##  [86] 542 378 394 540 453 456 501 370 523 446 490 628 509 593 561
```

Si queremos saber la mediana de cada columna, la expresión se convierte en:

```
apply(X = myMat, MARGIN = 2, FUN = median)
```

```
##  [1] 48.0 50.5 54.0 41.0 57.5 52.5 43.5 51.0 52.5 43.5
```

El argumento `X` es el objeto en el que el bucle `apply` se repetirá. El argumento `MARGEN` corresponde a la dimensión a tener en cuenta (1 para las filas y 2 para las columnas). El argumento `FUN` es la función a aplicar. En un objeto `array`, el argumento `MARGIN` puede tomar tantos valores como dimensiones. En este ejemplo, `MARGIN = 1` es el promedio de cada fila - dimensión 1 - (todas las dimensiones combinadas), `MARGIN = 2` es el promedio de cada columna - dimensión 2 - (todas las dimensiones combinadas), y `MARGEN = 3` es el promedio de cada dimensión 3. Debajo cada cálculo se realiza de dos maneras diferentes para explicar su operación.

```
myArr <- array(sample(1:100, size = 1000, replace = TRUE), dim = c(10, 20, 5))
apply(X = myArr, MARGIN = 1, FUN = mean)
```

```
##  [1] 49.47 55.99 47.06 51.16 50.42 50.46 52.68 53.69 49.00 44.44
```

```
(apply(myArr[,,1], 1, mean) + apply(myArr[,,2], 1, mean) +
  apply(myArr[,,3], 1, mean) + apply(myArr[,,4], 1, mean) +
  apply(myArr[,,5], 1, mean))/5
```

```
##  [1] 49.47 55.99 47.06 51.16 50.42 50.46 52.68 53.69 49.00 44.44
```

```
apply(X = myArr, MARGIN = 2, FUN = mean)
```

```
##  [1] 47.10 50.86 51.18 47.72 49.90 45.46 52.98 53.92 52.12 47.54 51.12
## [12] 46.96 51.02 49.12 49.24 52.88 52.62 45.70 58.02 53.28
```

```
(apply(myArr[,,1], 2, mean) + apply(myArr[,,2], 2, mean) +
  apply(myArr[,,3], 2, mean) + apply(myArr[,,4], 2, mean) +
  apply(myArr[,,5], 2, mean))/5
```

```
##  [1] 47.10 50.86 51.18 47.72 49.90 45.46 52.98 53.92 52.12 47.54 51.12
## [12] 46.96 51.02 49.12 49.24 52.88 52.62 45.70 58.02 53.28
```

```
apply(X = myArr, MARGIN = 3, FUN = mean)
```

```
## [1] 54.370 46.345 51.210 51.165 49.095
```

```
c(mean(myArr[,,1]), mean(myArr[,,2]), mean(myArr[,,3]),
  mean(myArr[,,4]), mean(myArr[,,5]))
```

```
## [1] 54.370 46.345 51.210 51.165 49.095
```

También podemos calcular el promedio de cada fila y valor de columna (la función luego itera en la dimensión 3):

```
apply(X = myArr, MARGIN = c(1, 2), FUN = mean)
```

```
##       [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9] [,10] [,11] [,12] [,13]
##  [1,] 54.8 40.4 48.2 53.8 56.4 46.8 50.0 56.8 40.0  51.8  37.2  53.0  36.8
##  [2,] 37.6 69.8 73.4 45.6 50.8 63.0 69.0 59.2 55.6  55.4  53.2  29.2  44.6
##  [3,] 43.0 35.8 48.4 50.2 45.8 19.0 50.0 35.8 27.2  48.8  58.8  63.8  39.0
##  [4,] 47.6 69.4 60.2 46.2 52.2 40.0 55.4 65.2 52.8  49.8  58.2  39.6  45.4
##  [5,] 43.6 29.0 39.0 31.6 55.8 33.2 52.0 70.0 62.2  35.2  54.2  62.4  77.0
##  [6,] 51.8 56.4 49.8 57.2 66.2 61.0 52.6 38.8 60.0  25.4  44.2  61.8  47.6
##  [7,] 51.6 66.4 44.0 58.6 60.4 43.6 56.4 38.8 67.0  44.4  62.2  35.2  65.8
##  [8,] 44.0 69.8 56.2 35.0 51.0 49.0 57.4 60.0 52.0  70.4  55.6  50.0  51.4
##  [9,] 61.0 49.4 44.6 57.0 34.4 60.2 44.4 63.4 49.8  45.8  44.6  42.2  46.2
## [10,] 36.0 22.2 48.0 42.0 26.0 38.8 42.6 51.2 54.6  48.4  43.0  32.4  56.4
##       [,14] [,15] [,16] [,17] [,18] [,19] [,20]
##  [1,]  40.6  70.6  36.0  75.2  36.6  40.4  64.0
##  [2,]  58.6  61.2  47.0  57.2  57.6  86.2  45.6
##  [3,]  63.8  42.6  50.4  48.2  38.8  62.4  69.4
##  [4,]  59.6  46.8  46.6  53.0  36.8  61.4  37.0
##  [5,]  44.2  49.2  67.0  35.0  61.0  48.0  58.8
##  [6,]  48.2  54.0  42.2  49.6  59.4  33.4  49.6
##  [7,]  61.6  39.2  57.8  48.8  29.8  51.6  70.4
##  [8,]  37.6  47.0  64.4  74.0  42.0  60.2  46.8
##  [9,]  29.4  40.8  61.4  43.8  42.0  62.6  57.0
## [10,]  47.6  41.0  56.0  41.4  53.0  74.0  34.2
```

11.7.2 lapply

Como se indica en la documentación, `lapply()` devuelve una lista de la misma longitud que `X`, y cada elemento resulta de la aplicación `FUN` al elemento `X` correspondiente. Si `X` es una `list` que contiene `vector` y estamos tratando de obtener el promedio de cada elemento de `list`, podemos usar la función `lapply()`:

```
myList <- list(
  a = sample(1:100, size = 10),
  b = sample(1:100, size = 10),
  c = sample(1:100, size = 10),
  d = sample(1:100, size = 10),
  e = sample(1:100, size = 10)
)
print(myList)
```

```
## $a
##  [1] 93  1  6 62 94  2 56 76 43 34
##
## $b
##  [1] 89 46 26 41 29  5 57 17 13 84
##
## $c
##  [1] 83 96 93 16 62 90 76 20 14 45
##
## $d
##  [1] 60 93 22 89  8 30 73 53 84 38
##
## $e
##  [1] 65 57 41 92 83 40 81 53 66 45
```

```
lapply(myList, FUN = mean)
```

```
## $a
## [1] 46.7
##
## $b
## [1] 40.7
##
## $c
## [1] 59.5
##
## $d
## [1] 55
##
## $e
## [1] 62.3
```

Al igual que con la función `apply()`, podemos pasar argumentos adicionales a la función `lapply()` agregándolos después de la función. Esto es útil, por ejemplo, si nuestra `list` contiene estos valores faltantes `NA` y queremos ignorarlos para calcular los promedios (con el argumento `na.rm = TRUE`).

```
myList <- list(
  a = sample(c(1:5, NA), size = 10, replace = TRUE),
  b = sample(c(1:5, NA), size = 10, replace = TRUE),
  c = sample(c(1:5, NA), size = 10, replace = TRUE),
  d = sample(c(1:5, NA), size = 10, replace = TRUE),
  e = sample(c(1:5, NA), size = 10, replace = TRUE)
)
print(myList)
```

```
## $a
##  [1] NA  3  3 NA  1  4  2  2  2 NA
##
## $b
##  [1]  2  1  3  5  1 NA  1  5  2  2
##
## $c
##  [1] NA NA NA  2  5  2  2  1  4  5
##
```

```
## $d
##  [1]  4  3  1  5  1  5  1 NA  1 NA
##
## $e
##  [1]  1  4  2 NA  3  3  3  2  3  2
```

```
lapply(myList, FUN = mean)
```

```
## $a
## [1] NA
##
## $b
## [1] NA
##
## $c
## [1] NA
##
## $d
## [1] NA
##
## $e
## [1] NA
```

```
lapply(myList, FUN = mean, na.rm = TRUE)
```

```
## $a
## [1] 2.428571
##
## $b
## [1] 2.444444
##
## $c
## [1] 3
##
## $d
## [1] 2.625
##
## $e
## [1] 2.555556
```

Para mayor legibilidad o si se debemos realizar varias operaciones dentro del argumento `FUN`, podemos usar el siguiente script:

```
lapply(myList, FUN = function(i){
  mean(i, na.rm = TRUE)
})
```

```
## $a
## [1] 2.428571
##
## $b
## [1] 2.444444
##
## $c
## [1] 3
```

```
##
## $d
## [1] 2.625
##
## $e
## [1] 2.555556
```

Por ejemplo, si queremos obtener `i^2` si el promedio es mayor que 3, y `i^3` de lo contrario:

```
lapply(myList, FUN = function(i){
  m <- mean(i, na.rm = TRUE)
  if(m > 3){
    return(i^2)
  }else{
    return(i^3)
  }
})
```

```
## $a
##  [1] NA 27 27 NA  1 64  8  8  8 NA
##
## $b
##  [1]   8   1  27 125   1  NA   1 125   8   8
##
## $c
##  [1]  NA  NA  NA   8 125   8   8   1  64 125
##
## $d
##  [1]  64  27   1 125   1 125   1  NA   1  NA
##
## $e
##  [1]  1 64  8 NA 27 27 27  8 27  8
```

11.7.3 sapply

La función `sapply()` es una versión modificada de la función `lapply()` que realiza la misma operación pero devuelve el resultado en un formato simplificado siempre que sea posible.

```
lapply(myList, FUN = function(i){
  mean(i, na.rm = TRUE)
})
```

```
## $a
## [1] 2.428571
##
## $b
## [1] 2.444444
##
## $c
## [1] 3
##
## $d
## [1] 2.625
```

```
##
## $e
## [1] 2.555556
```

```
sapply(myList, FUN = function(i){
  mean(i, na.rm = TRUE)
})
```

```
##        a        b        c        d        e
## 2.428571 2.444444 3.000000 2.625000 2.555556
```

La función `sapply()` es interesante para recuperar, por ejemplo, el elemento "n" de cada elemento de una `list`. La función que se llama para hacer esto es `'[['`.

```
sapply(myList, FUN = '[[', 2)
```

```
##  a  b  c  d  e
##  3  1 NA  3  4
```

11.7.4 tapply

La función `tapply()` permite aplicar una función tomando como elemento para iterar una variable existente. Imaginamos información sobre especies representadas por letras mayúsculas (por ejemplo, A, B, C) y valores de mediciones biologicas en diferentes ubicaciones.

```
species <- sample(LETTERS[1:10], size = 1000, replace = TRUE)
perf1 <- rnorm(n = 1000, mean = 10, sd = 0.5)
perf2 <- rlnorm(n = 1000, meanlog = 10, sdlog = 0.5)
perf3 <- rgamma(n = 1000, shape = 10, rate = 0.5)
dfSpecies <- data.frame(species, perf1, perf2, perf3)
print(head(dfSpecies, n = 10))
```

```
##    species     perf1     perf2     perf3
## 1        C  9.769859  7809.974 21.308673
## 2        G 10.092939 22384.092 22.270881
## 3        E  9.667100 25256.128 35.728684
## 4        B 10.420499 23168.027 20.224542
## 5        H  9.620877 34565.111 17.877832
## 6        I 10.017765 19461.840 37.863742
## 7        F 10.109160 15746.024 16.292617
## 8        F  9.816906 26938.823 25.146653
## 9        H  9.387110 26180.966  9.761116
## 10       C  9.833173 36435.397 18.213620
```

Podemos obtener fácilmente un resumen de las mediciones para cada especie con la función `tapply()` y la función `summary()`.

```
tapply(dfSpecies$perf1, INDEX = dfSpecies$species, FUN = summary)
```

```
## $A
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   8.631   9.655   9.931   9.956  10.250  11.470
##
```

```
## $B
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   8.914   9.665   9.992   9.999  10.303  11.388
##
## $C
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   8.935   9.534   9.965   9.947  10.314  11.260
##
## $D
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   8.738   9.673   9.945   9.999  10.357  11.386
##
## $E
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   8.990   9.757  10.036  10.073  10.396  11.192
##
## $F
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   8.877   9.634   9.946   9.940  10.199  11.275
##
## $G
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   8.622   9.871  10.093  10.102  10.393  11.012
##
## $H
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   8.807   9.608  10.062   9.992  10.384  11.176
##
## $I
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   8.534   9.748   9.998  10.037  10.391  11.438
##
## $J
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   8.847   9.703   9.994  10.040  10.385  11.151
```

También podemos obtener el valor promedio de cada mediciones combinando una función `sapply()` con la función `tapply()` y usando la función `mean()`.

```
sapply(2:4, FUN = function(i){
  tapply(dfSpecies[,i], INDEX = dfSpecies$species, FUN = mean)
})
```

```
##        [,1]     [,2]     [,3]
## A  9.956223 24826.76 20.17741
## B  9.998684 26256.78 19.27222
## C  9.946963 24699.32 20.86902
## D  9.998826 25497.63 19.23940
## E 10.073068 25188.26 19.71412
## F  9.939627 24683.98 20.36503
## G 10.102419 25273.40 20.83069
## H  9.992160 25935.02 19.32960
## I 10.037219 24060.60 20.54914
## J 10.039760 25483.06 19.63049
```

11.7.5 mapply

La función `mapply()` es una versión de la función `sapply()` que usa múltiples argumentos. Por ejemplo, si tenemos una lista de dos elementos `1:5` y `5:1` y queremos agregar `10` al primer elemento y `100` al segundo elemento:

```
mapply(FUN = function(i, j){i+j}, i = list(1:5, 5:1), j = c(10, 100))
```

```
##      [,1] [,2]
## [1,]   11  105
## [2,]   12  104
## [3,]   13  103
## [4,]   14  102
## [5,]   15  101
```

11.8 Conclusión

Felicitaciones, hemos llegado al final de este capítulo sobre algoritmos. Recordemos este mensaje clave: cuando una operación debe realizarse más de dos veces en un script y repetir el código que ya se ha escrito, es un signo que nos debe llevar a utilizar un bucle. Sin embargo, siempre que sea posible, se recomienda no usar los bucles tradicionales `for()`, `while()`, y `repeat()`, sino preferir operaciones sobre vectores o bucles de la familia `apply`. Esto puede ser difícil de integrar al principio, pero veremos que nuestros scripts serán más fáciles de mantener y leer, y mucho más eficientes si seguimos estos hábitos.

Chapter 12

Gestión de proyectos con R

12.1 Administrar archivos y directorio de trabajo

12.2 Gestión de versiones de scripts

12.3 Gestión de documentación

Chapter 13

Conclusión

Part II

Los gráficos

Chapter 14

Gráficos simples

14.1 plot

14.2 hist

14.3 barplot

14.4 boxplot

14.5 image y contour

Chapter 15

Gestión del color

15.1 colors()

15.2 RGB

15.3 Paletas

Chapter 16

Gráficos compuestos

16.1 mfrow

16.2 layout

Chapter 17

Manipular gráficos

17.1 Inkscape

17.2 The Gimp

Chapter 18

Conclusión

Part III

Publicar sus resultados

Chapter 19

Los scripts

Chapter 20

Los datos

Chapter 21

Algunos ejemplos

Chapter 22

Conclusión

Part IV

Estudio de caso

Chapter 23

Analizar datos de loggers de temperatura

En estudios de biología, ecología, o agronomía, frecuentemente usamos datos de temperatura de dataloggers. En este estudio vamos a ver como analizar esos datos usando datos de temperatura del altiplano Boliviano cerca de la ciudad de El Alto. El primer paso es transformar los datos del datalogger en un formato que sea fácil de leer para R. Usaremos un archivo CSV y la función `read.table()`. El archivo se puede descargar desde el sitio web del libro en GitHub (`https://github.com/frareb/myRBook_SP/blob/master/myFiles/E05C13.csv` ; clic derecho sobre el enlace y seleccionar "Guardar destino como").

```
bdd <- read.table("myFiles/E05C13.csv", skip = 1, header = TRUE,
  sep = ",", dec = ".", stringsAsFactors = FALSE)
colnames(bdd) <- c("id", "date", "temp")
head(bdd)
```

```
##   id             date  temp
## 1  1 11/12/15 23:00:00 4.973
## 2  2 11/12/15 23:30:00 4.766
## 3  3 11/13/15 00:00:00 4.844
## 4  4 11/13/15 00:30:00 4.844
## 5  5 11/13/15 01:00:00 5.076
## 6  6 11/13/15 01:30:00 5.282
```

```
tail(bdd)
```

```
##          id             date  temp
## 32781 32781 09/25/17 21:00:00 7.091
## 32782 32782 09/25/17 21:30:00 6.914
## 32783 32783 09/25/17 22:00:00 6.813
## 32784 32784 09/25/17 22:30:00 6.611
## 32785 32785 09/25/17 23:00:00 6.331
## 32786 32786 09/25/17 23:30:00 5.385
```

```
str(bdd)
```

```
## 'data.frame':    32786 obs. of  3 variables:
##  $ id  : int  1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
##  $ date: chr  "11/12/15 23:00:00" "11/12/15 23:30:00" "11/13/15 00:00:00" "11/13/15 00:30:00" ...
##  $ temp: num  4.97 4.77 4.84 4.84 5.08 ...
```

Podemos observar que la fecha esta al formato `character`, y que contiene la fecha con el mes, el día, y el año separados con `/`, un espacio, y la hora con horas de 0 a 24, minutos, y segundos, separados con `:` (ejemplo: `11/12/15 23:00:00` para el

12 de Noviembre de 2015 a las 11 de la noche). Vamos a separar la información en varios objetos. Primero vamos a separar la fecha de la hora. Para esto vamos a usar la función `strsplit()` usando como separador el espacio entre la fecha y la hora.

```
strsplit("11/12/15 23:00:00", split = " ")
```

```
## [[1]]
## [1] "11/12/15" "23:00:00"
```

Como indican los corchetes dobles, la función devuelve un objeto en el formato `list`. Nosotros queremos el `vector` que corresponde al primer elemento de la `list` entonces vamos a añadir `[[1]]`.

```
strsplit("11/12/15 23:00:00", split = " ")[[1]]
```

```
## [1] "11/12/15" "23:00:00"
```

El primer elemento del `vector` es la fecha. Para tener todas las fechas vamos a hacer un bucle con la función `sapply()`.

```
bddDay <- sapply(strsplit(bdd[, 2], split = " "), "[[", 1)
head(bddDay)
```

```
## [1] "11/12/15" "11/12/15" "11/13/15" "11/13/15" "11/13/15" "11/13/15"
```

A continuación vamos a necesitar las fechas en el formato `factor` (función `aggregate()` para sacar la información por día). Entonces necesitamos transformar el objeto en el formato `factor` con la función `as.factor()`.

```
bddDay <- as.factor(sapply(strsplit(bdd[, 2], split = " "), "[[", 1))
head(bddDay)
```

```
## [1] 11/12/15 11/12/15 11/13/15 11/13/15 11/13/15 11/13/15
## 684 Levels: 01/01/16 01/01/17 01/02/16 01/02/17 01/03/16 ... 12/31/16
```

Haciendo la transformación hacia el formato `factor`, los niveles de nuestro objeto están en orden alfabético como si las fechas estuvieran texto. Nosotros querremos ordenar las fechas usando las fechas. Para esto vamos a hacer un `vector` con todas las fechas únicas con la función `unique()`, y después ordenar las fechas con la función `sort.list()` usando las fechas con la función `as.POSIXct()`. Vamos a usar el vector llamado `lev` para especificar como deben estar los niveles de `factor` de nuestras fechas.

```
bddDay <- as.factor(sapply(strsplit(bdd[, 2], split = " "), "[[", 1))
udate <- unique(bddDay)
lev <- udate[sort.list(as.POSIXct(strptime(udate, "%m/%d/%y")))]
bddDay <- factor(bddDay, levels = lev)
head(bddDay)
```

```
## [1] 11/12/15 11/12/15 11/13/15 11/13/15 11/13/15 11/13/15
## 684 Levels: 11/12/15 11/13/15 11/14/15 11/15/15 11/16/15 ... 09/25/17
```

Ahora podemos añadir las fechas como nueva columna del objeto `bdd` y hacer lo mismo para las horas (no hay que reordenar los niveles de hora ya que el orden por defecto corresponde a lo que queremos).

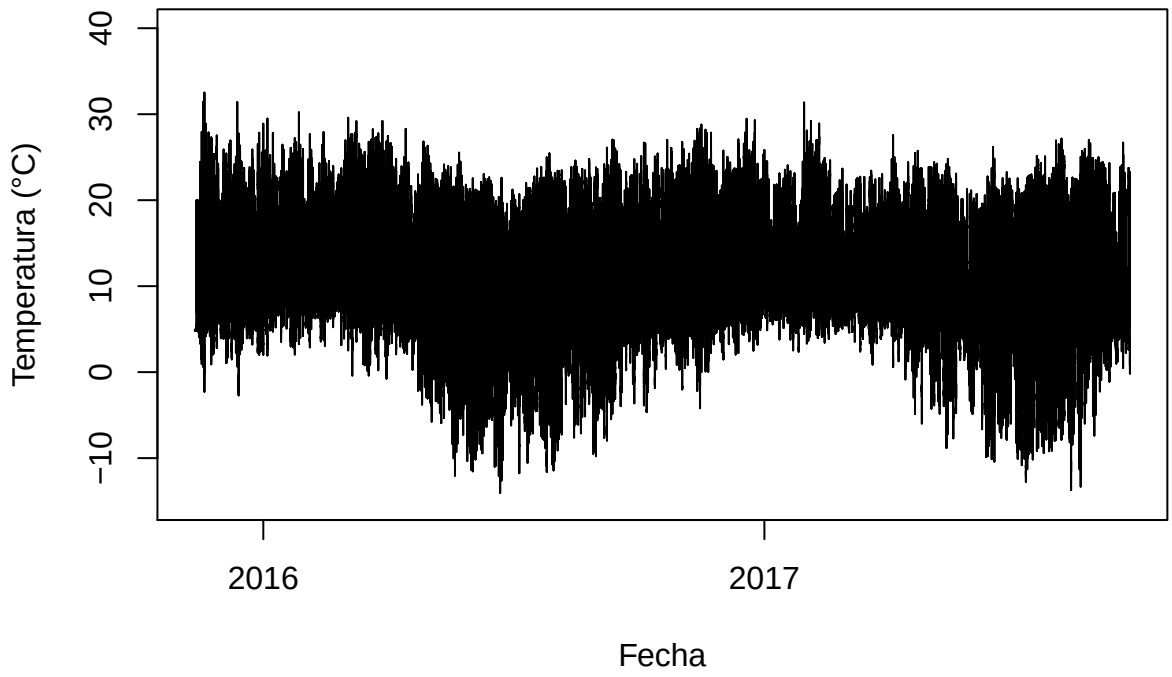
```
bdd$bddDay <- bddDay
bdd$bddHour <- as.factor(sapply(strsplit(bdd[, 2], split = " "), "[[", 2))
head(bdd)
```

```
##   id              date  temp   bddDay  bddHour
## 1  1 11/12/15 23:00:00 4.973 11/12/15 23:00:00
```

```
## 2  2 11/12/15 23:30:00 4.766 11/12/15 23:30:00
## 3  3 11/13/15 00:00:00 4.844 11/13/15 00:00:00
## 4  4 11/13/15 00:30:00 4.844 11/13/15 00:30:00
## 5  5 11/13/15 01:00:00 5.076 11/13/15 01:00:00
## 6  6 11/13/15 01:30:00 5.282 11/13/15 01:30:00
```

Podemos visualizar los datos con la función `plot()`, especificando el formato de las fechas con la función `as.Date()`

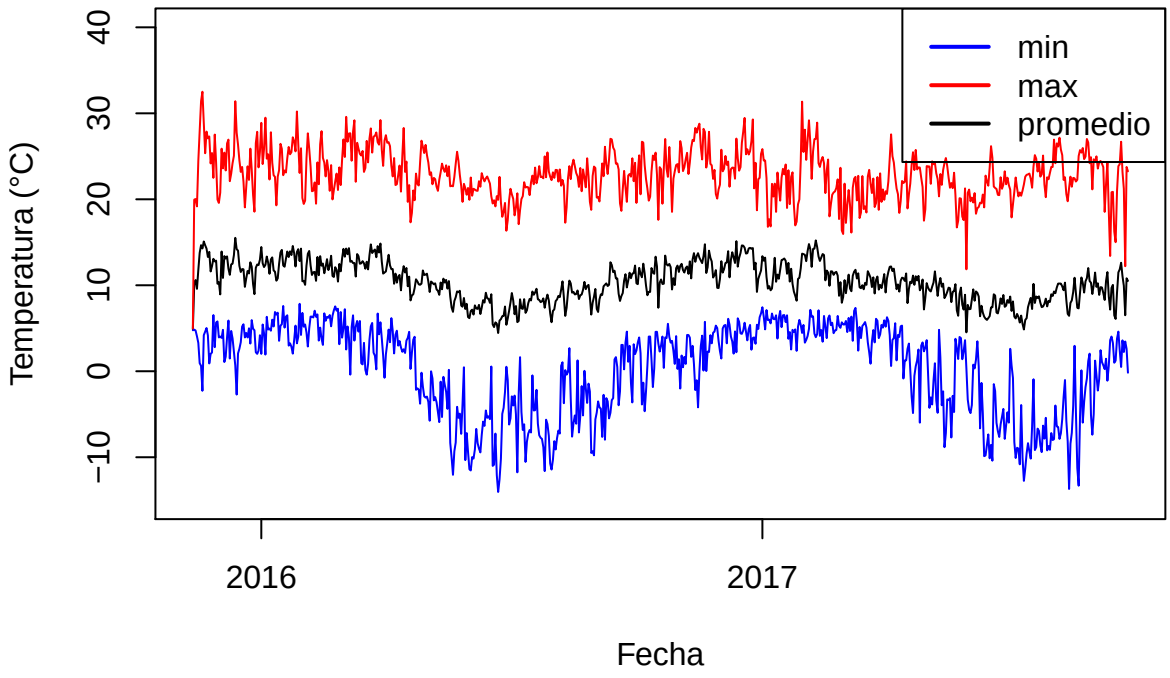
```
plot(x = as.Date(bdd$bddDay, format = "%m/%d/%y"), y = bdd$temp,
    type = 'l', ylim = c(-15, 40),
    xlab = "Fecha", ylab = "Temperatura (°C)")
```



Podemos simplificar la información calculando únicamente las temperaturas mínimas, promedias, y máximas con la función `aggregate()`.

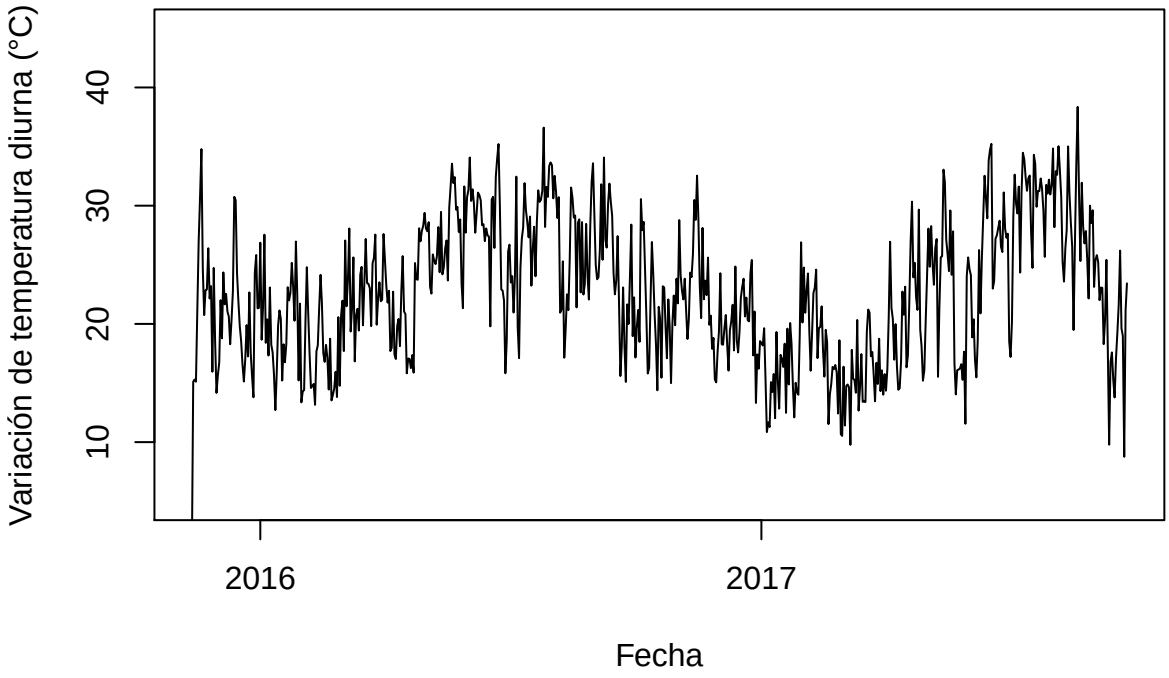
```
tempDayMean <- aggregate(x = bdd[, 3], by = list(bdd[, 4]), FUN = mean)
tempDayMin <- aggregate(x = bdd[, 3], by = list(bdd[, 4]), FUN = min)
tempDayMax <- aggregate(x = bdd[, 3], by = list(bdd[, 4]), FUN = max)
plot(x = as.Date(tempDayMean[, 1], format = "%m/%d/%y"),
    y = tempDayMean[, 2], type = 'l', ylim = c(-15, 40),
    xlab = "Fecha", ylab = "Temperatura (°C)")
points(x = as.Date(tempDayMin[, 1], format = "%m/%d/%y"),
    y = tempDayMin[, 2], type = 'l', col = 4)
points(x = as.Date(tempDayMax[, 1], format = "%m/%d/%y"),
    y = tempDayMax[, 2], type = 'l', col = 2)
legend("topright", legend = c("min", "max", "promedio"),
```

```
  lty = 1, lwd = 2, col = c(4, 2, 1))
```



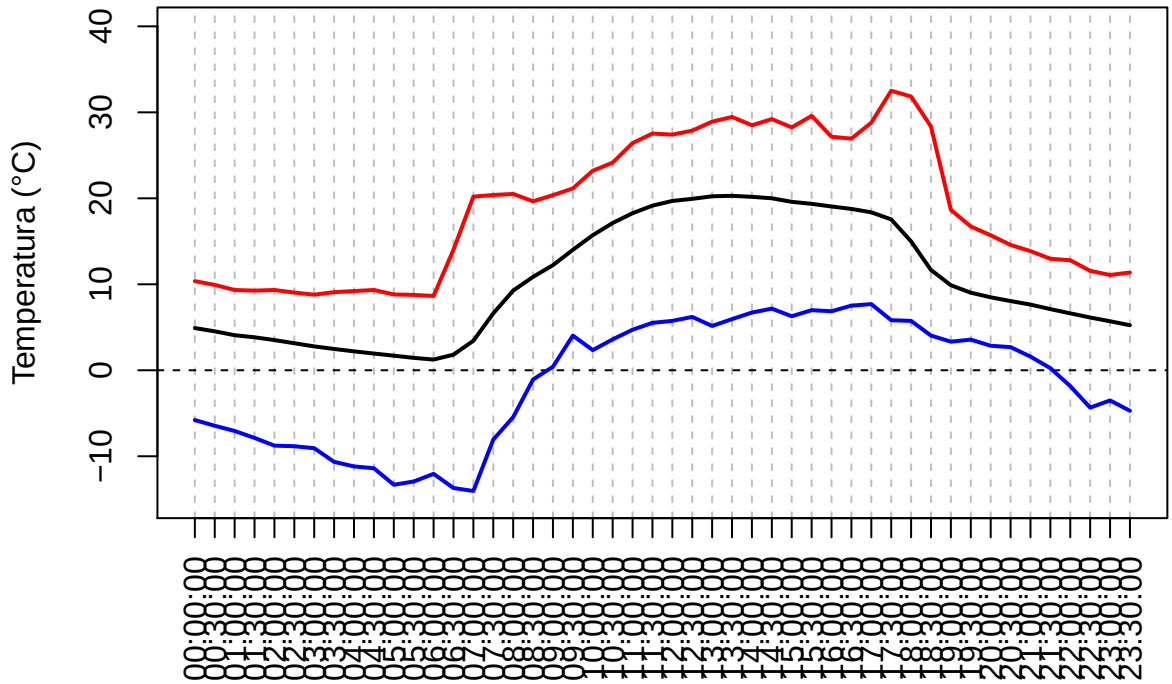
También podemos calcular la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima (variación de temperatura diurna).

```
tempDayTR <- tempDayMax[, 2] - tempDayMin[, 2]
plot(x = as.Date(tempDayMean[, 1], format = "%m/%d/%y"),
    y = tempDayTR, type = 'l', ylim = c(5, 45),
    xlab = "Fecha", ylab = "Variación de temperatura diurna (°C)")
```



Otra posibilidad es de agrupar los datos para tener la temperatura promedia de un día con la función `aggregate()`.

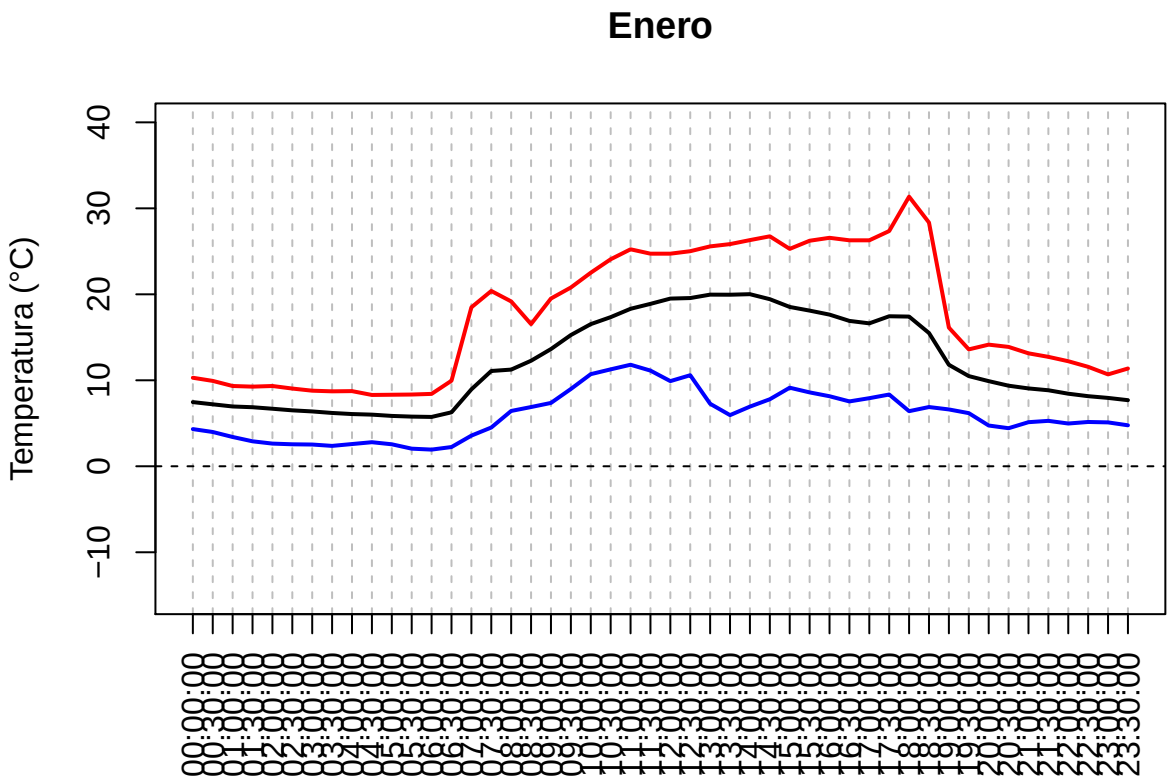
```
tempHourMean <- aggregate(x = bdd[, 3], by = list(bdd[, 5]), FUN = mean)
tempHourMin <- aggregate(x = bdd[, 3], by = list(bdd[, 5]), FUN = min)
tempHourMax <- aggregate(x = bdd[, 3], by = list(bdd[, 5]), FUN = max)
hours <- seq(from = 0, to = 23.5, by = 0.5)
plot(x = hours,
    y = tempHourMean[, 2], type = 'l', ylim = c(-15, 40),
    xlab = "", ylab = "Temperatura (°C)", lwd = 2,
    xaxt = "n", panel.first = {
        abline(v = hours, col = "gray", lty = 2)
        abline(h = 0, lty = 2)
    })
axis(side = 1, at = hours, labels = tempHourMean[, 1], las = 2)
points(x = hours, y = tempHourMin[, 2], type = 'l', col = 4, lwd = 2)
points(x = hours, y = tempHourMax[, 2], type = 'l', col = 2, lwd = 2)
```

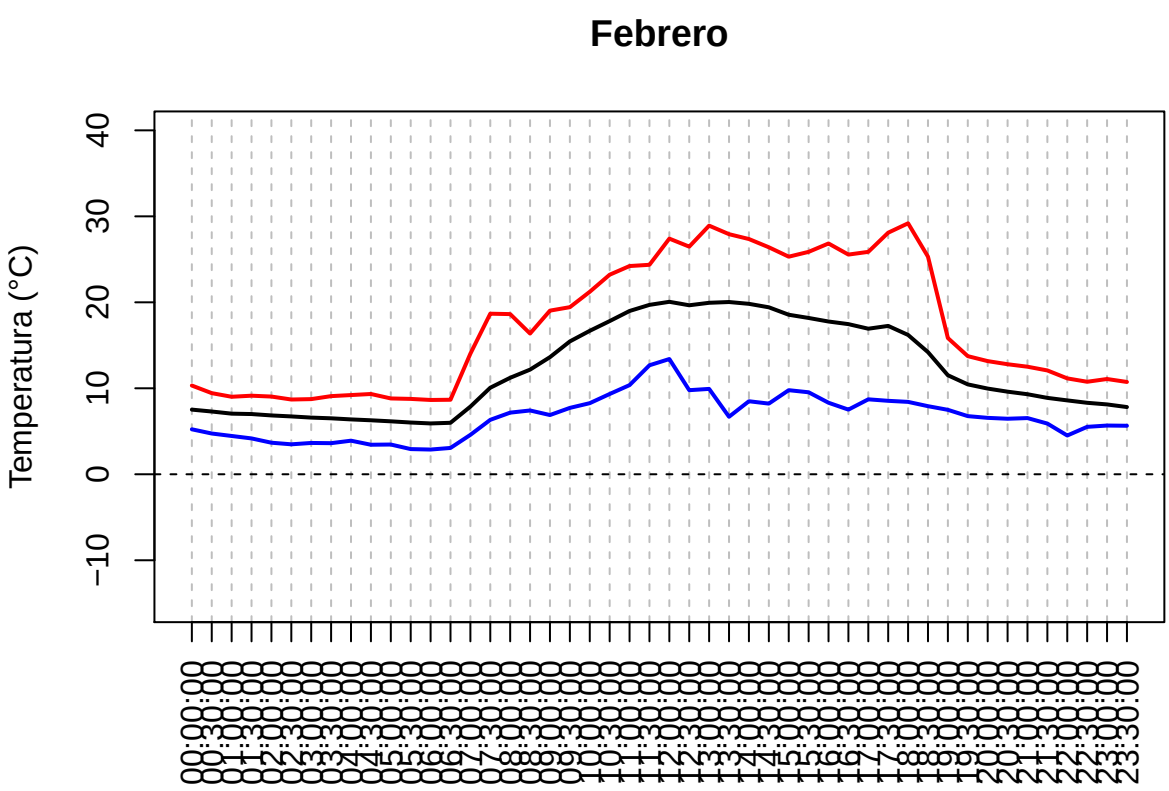


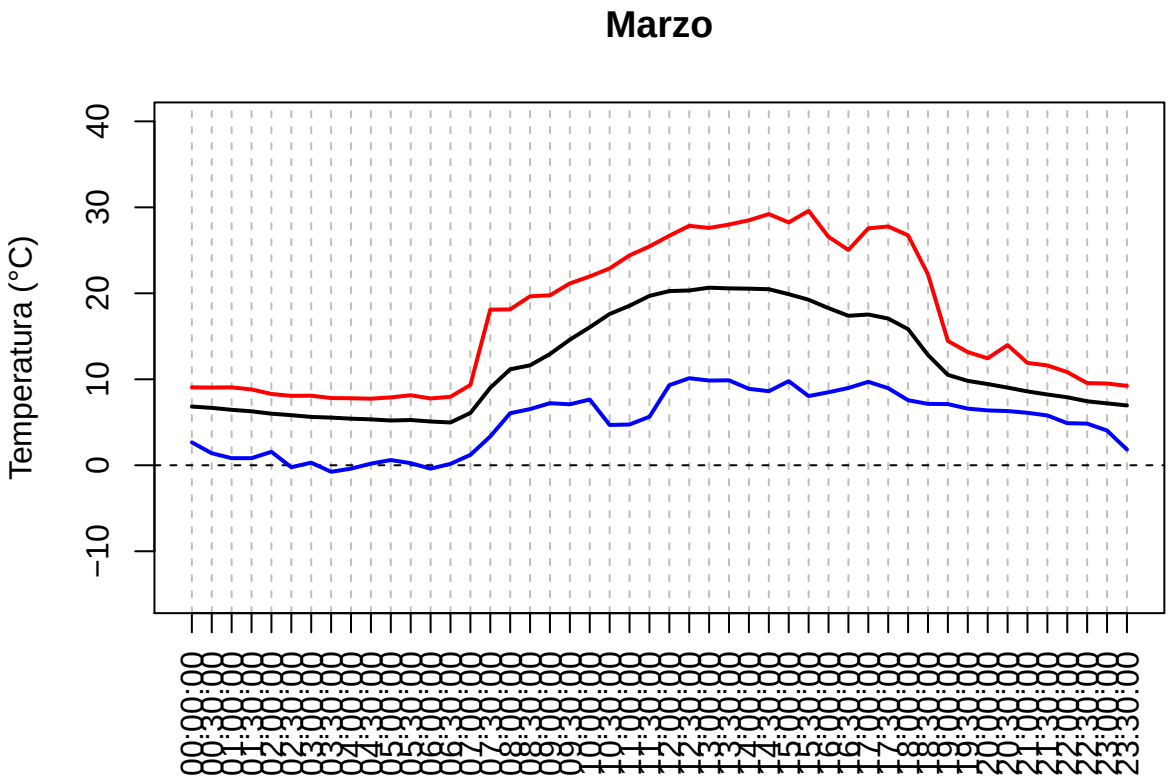
Tambien podemos calcular las temperaturas de los dias para cada mes.

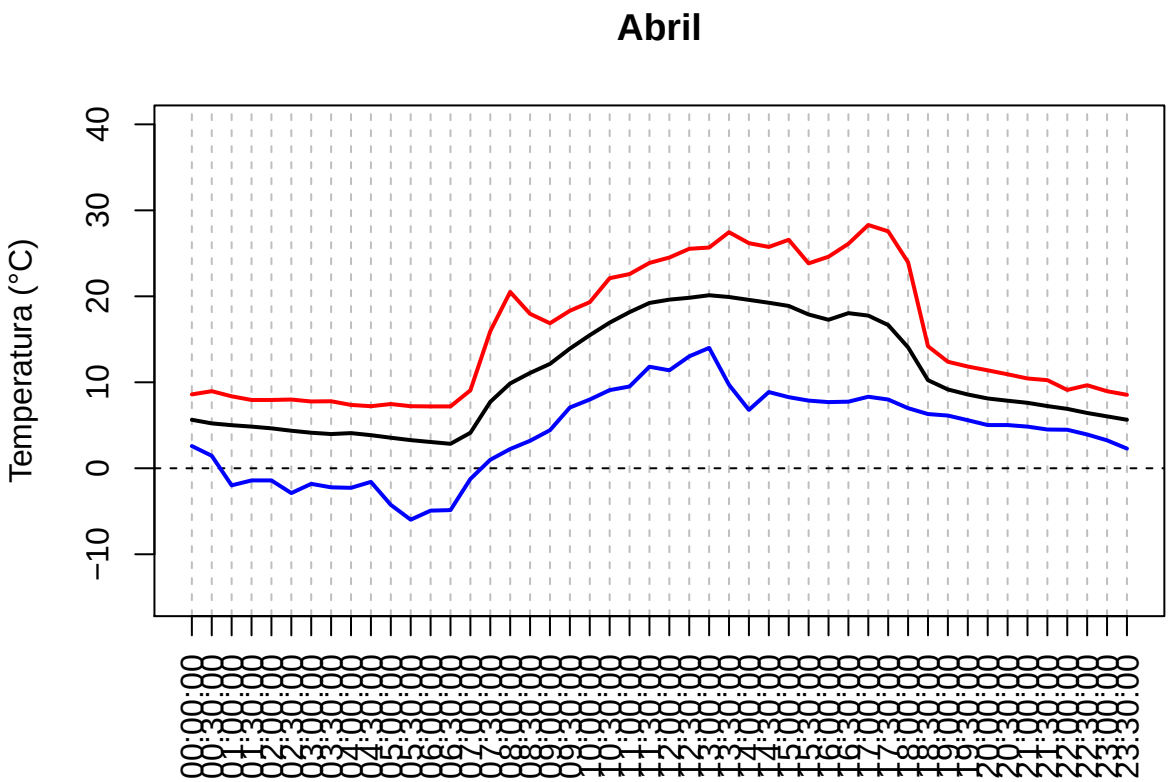
```
meses <- c("Enero", "Febrero", "Marzo", "Abril", "Mayo", "Junio",
    "Julio", "Agosto", "Septiembre", "Octubre", "Noviembre", "Diciembre")
hours <- seq(from = 0, to = 23.5, by = 0.5)
bddMonth <- sapply(strsplit(as.character(bdd$bddDay), split = "/"), "[[", 1)
tempDayEachMonth <- lapply(sort(unique(bddMonth)), function(myMonth){
    bddX <- bdd[bddMonth == myMonth, ]
    tempHourMean <- aggregate(x = bddX[, 3], by = list(bddX[, 5]), FUN = mean)
    tempHourMin <- aggregate(x = bddX[, 3], by = list(bddX[, 5]), FUN = min)
    tempHourMax <- aggregate(x = bddX[, 3], by = list(bddX[, 5]), FUN = max)
    return(data.frame(tempHourMean, tempHourMin, tempHourMax))
})

for (i in seq_along(tempDayEachMonth)){
    plot(x = hours, y = tempDayEachMonth[[i]][, 2],
        type = 'l', ylim = c(-15, 40),
        xlab = "", ylab = "Temperatura (°C)", lwd = 2,
        main = meses[i],
        xaxt = "n", panel.first = {
            abline(v = hours, col = "gray", lty = 2)
            abline(h = 0, lty = 2)
        })
    axis(side = 1, at = hours, labels = tempHourMean[, 1], las = 2)
    points(x = hours, y = tempDayEachMonth[[i]][, 4],
        type = 'l', col = 4, lwd = 2)
```

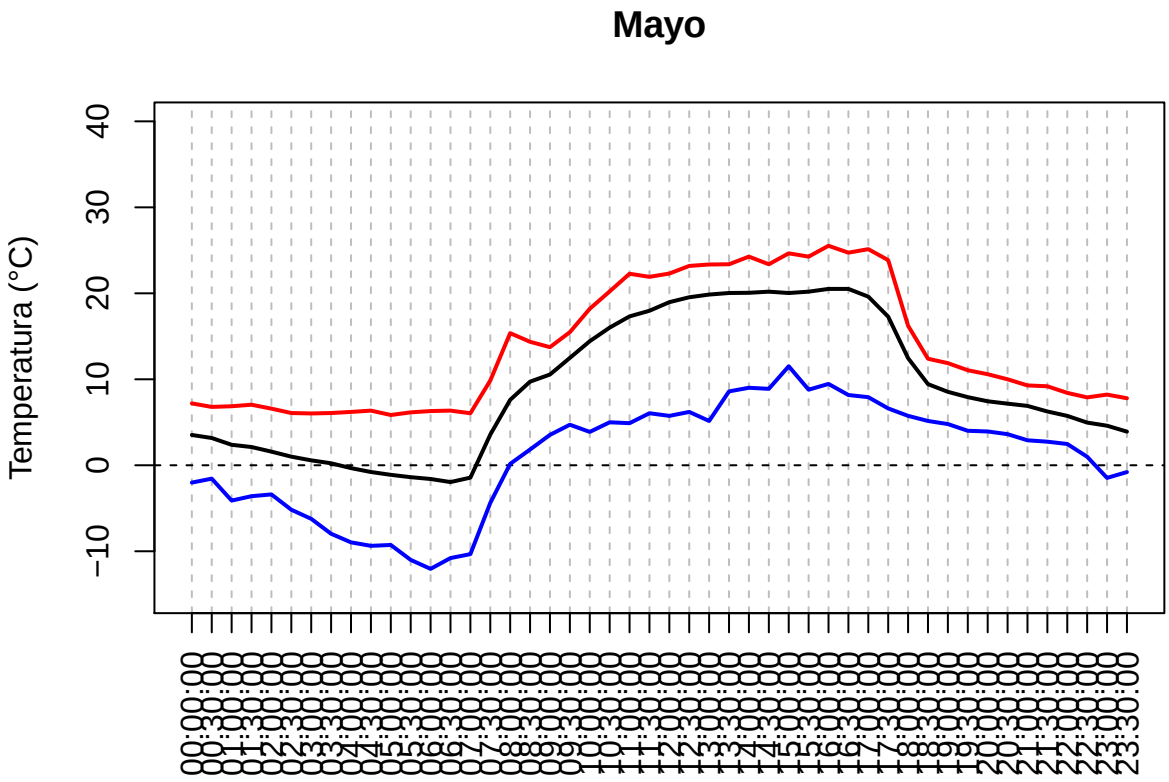
```
    points(x = hours, y = tempDayEachMonth[[i]][, 6],
        type = 'l', col = 2, lwd = 2)
}
```

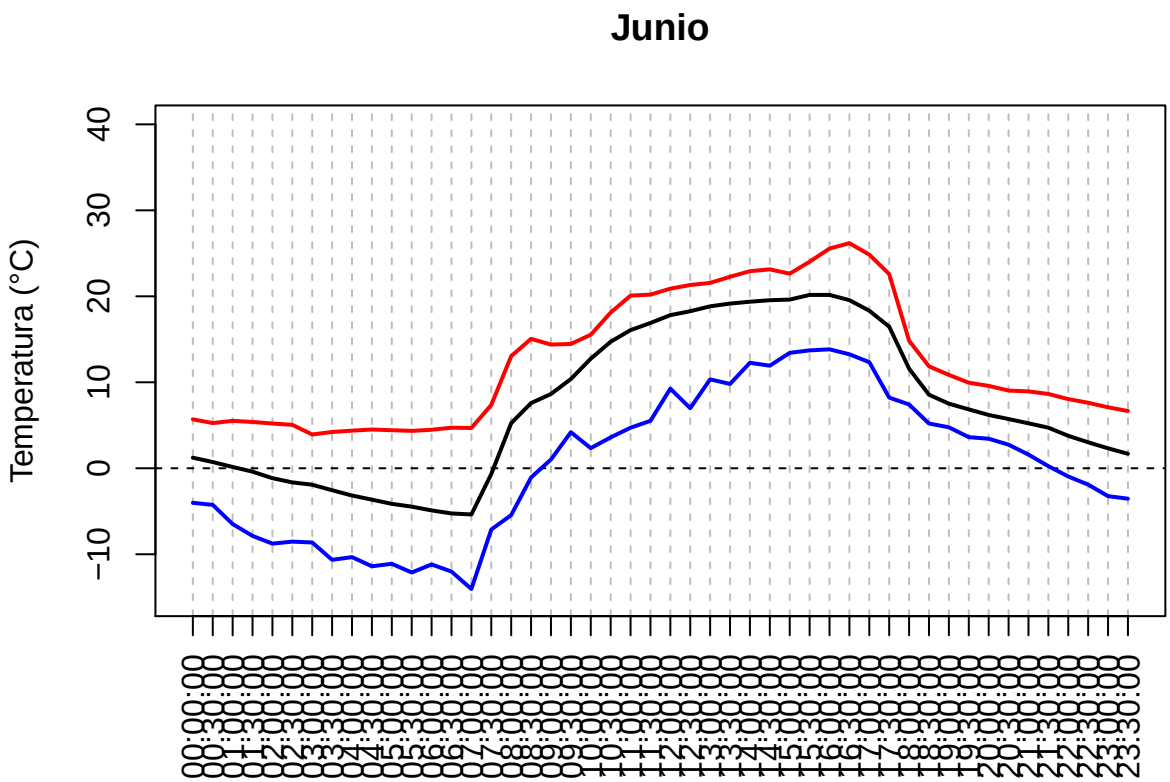


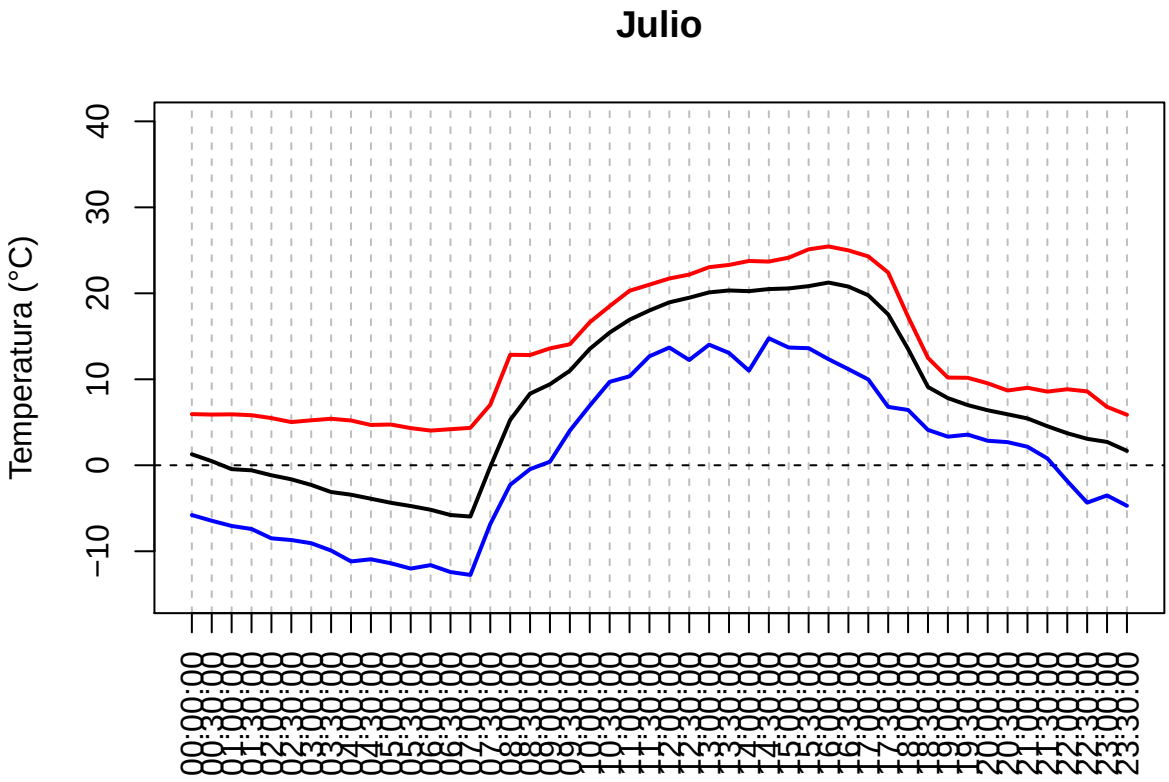

Febrero
Temperatura (°C)
40
30
20
10
0
−10

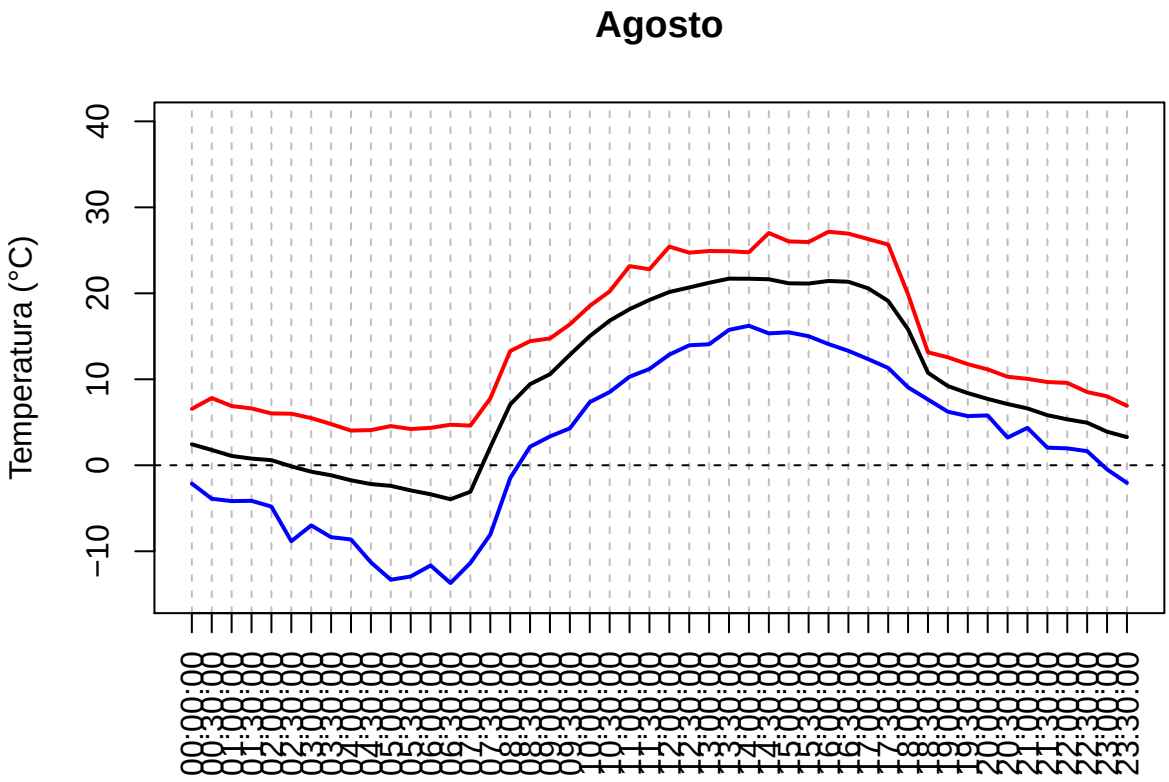

Marzo
Temperatura (°C)
−10
0
10
20
30
40


Abril
Temperatura (°C)
40
30
20
10
0
−10

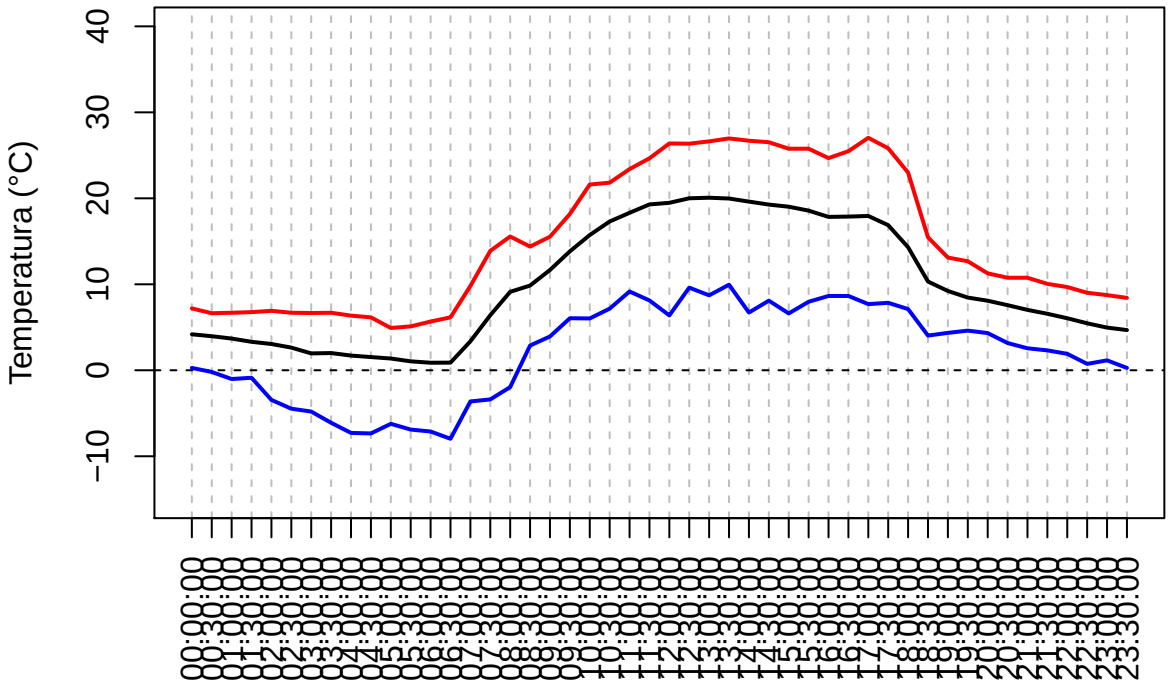

Mayo
Temperatura (°C)
40
30
20
10
0
−10
00:00
01:00
02:00
03:00
04:00
05:00
06:00
07:00
08:00
09:00
10:00
11:00
12:00
13:00
14:00
15:00
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
21:00
22:00
23:00

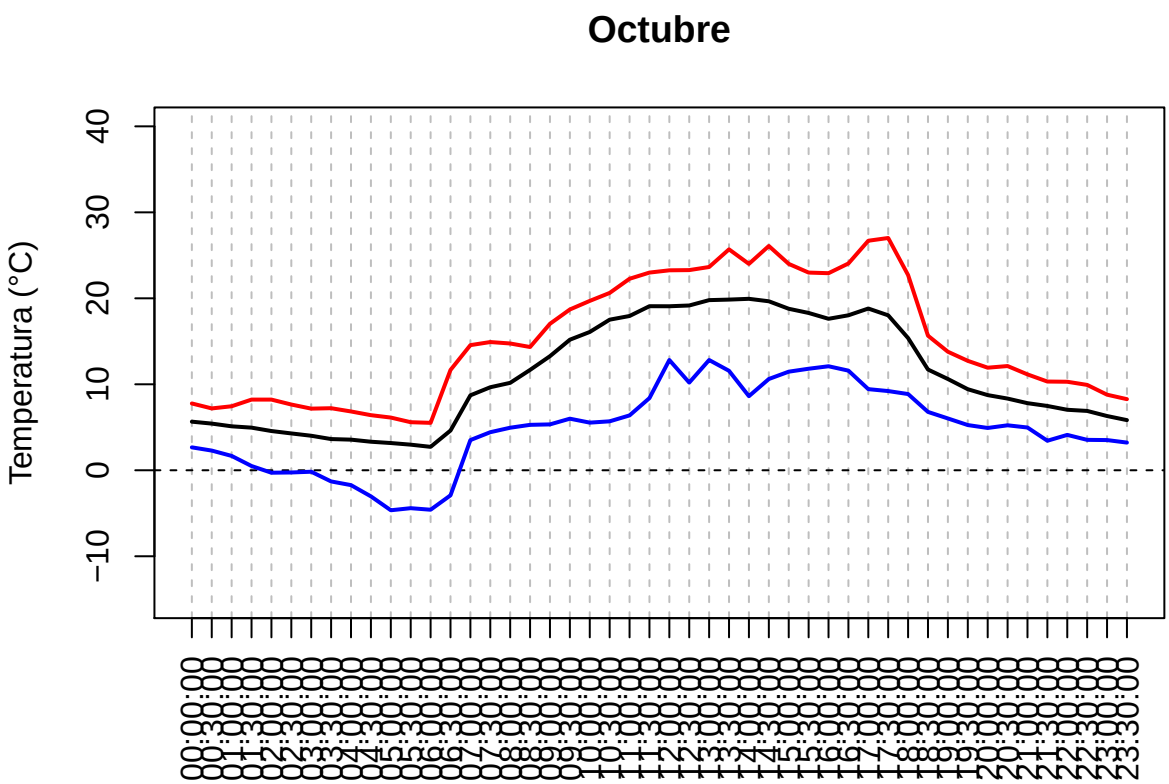

Junio
Temperatura (°C)
40
30
20
10
0
−10

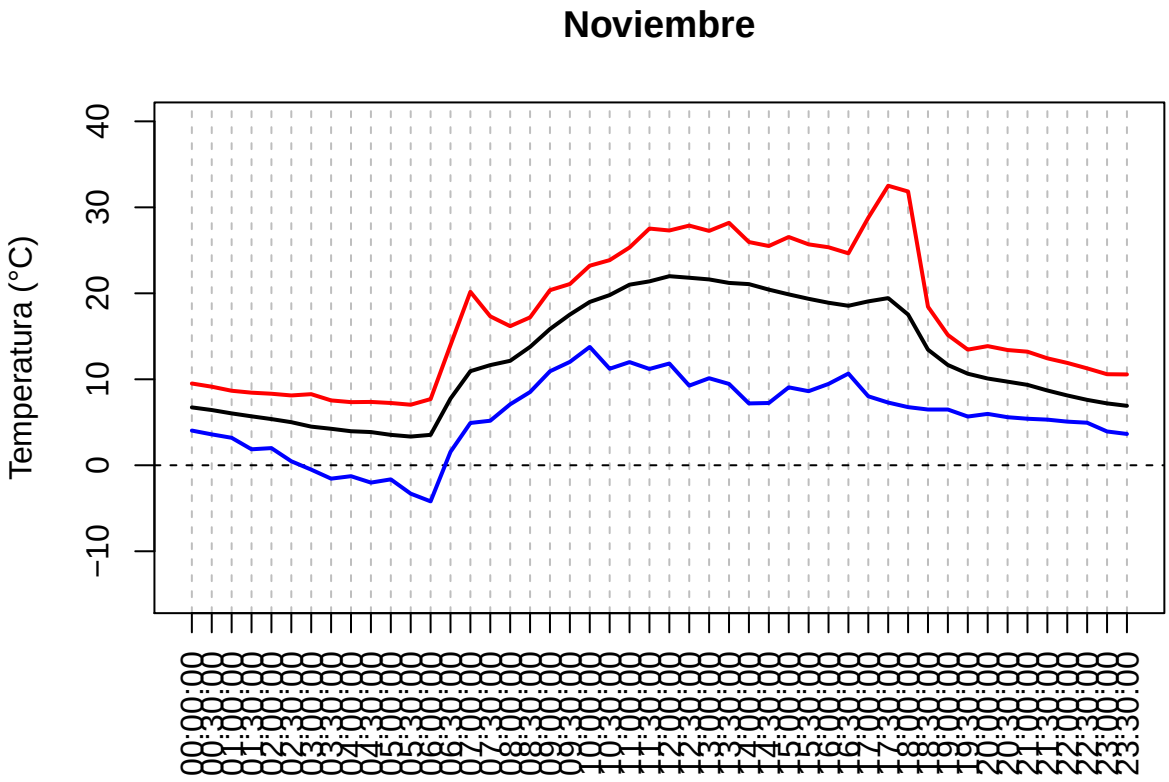

Julio
Temperatura (°C)
40
30
20
10
0
−10

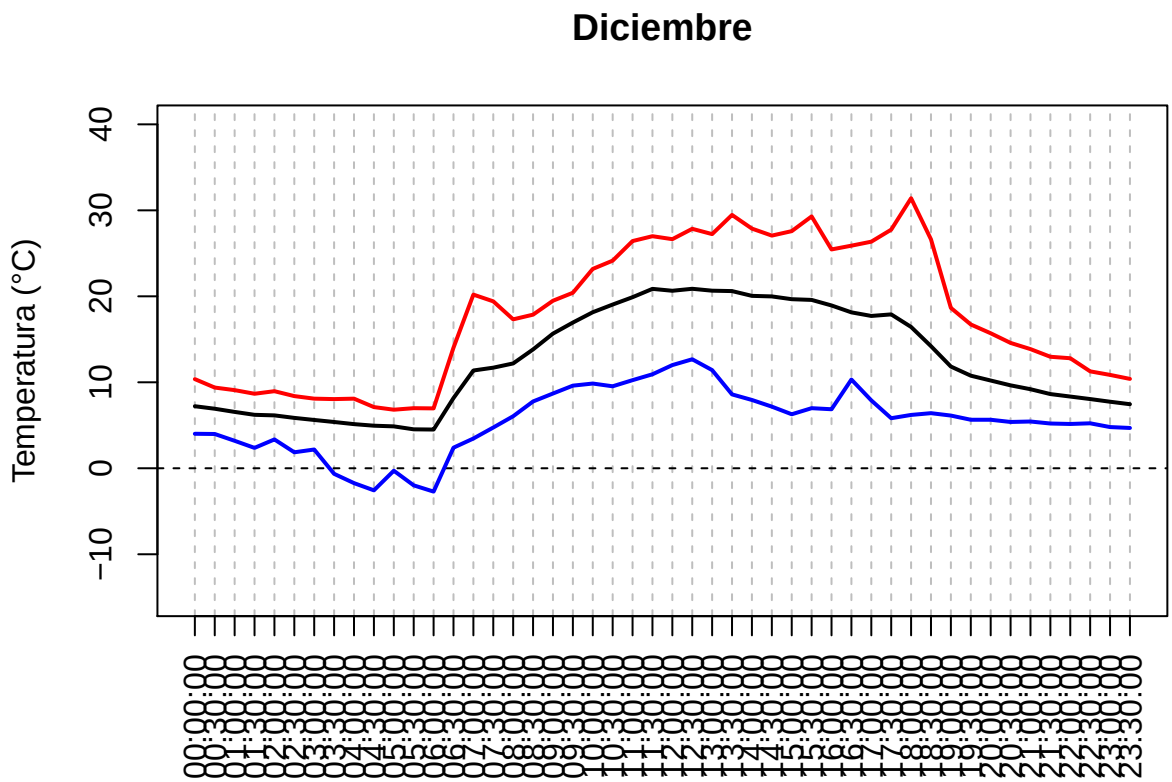

Agosto
Temperatura (°C)
40
30
20
10
0
−10

Septiembre



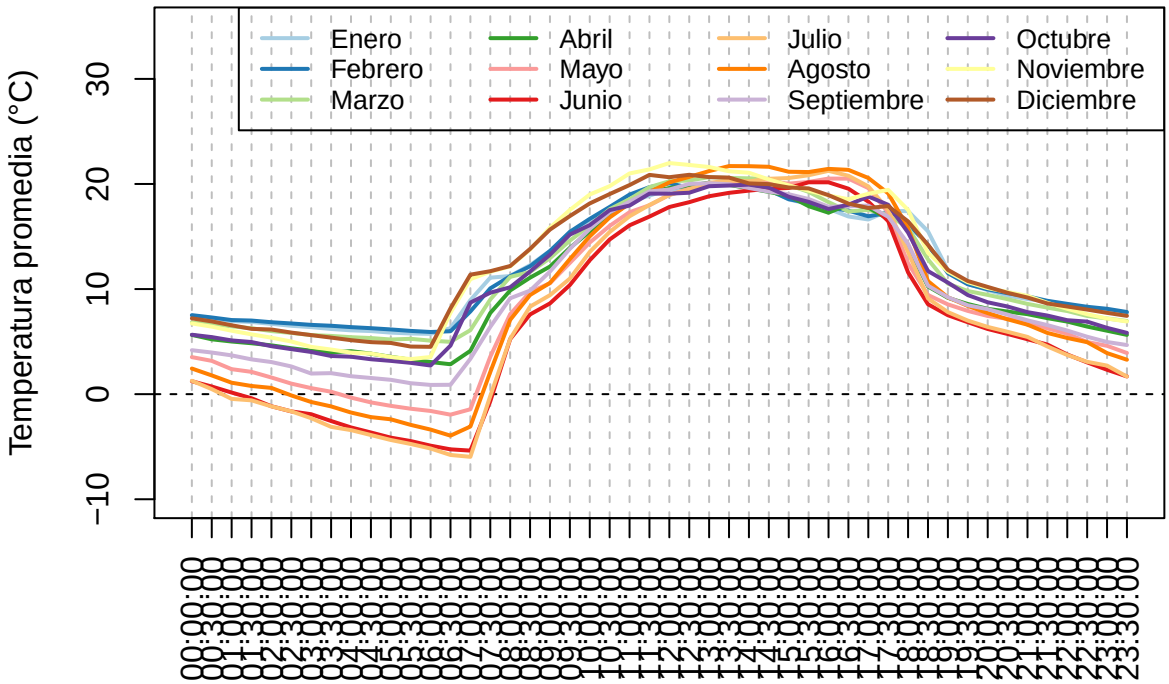

Octubre
Temperatura (°C)
40
30
20
10
0
−10


Noviembre
Temperatura (°C)
40
30
20
10
0
−10

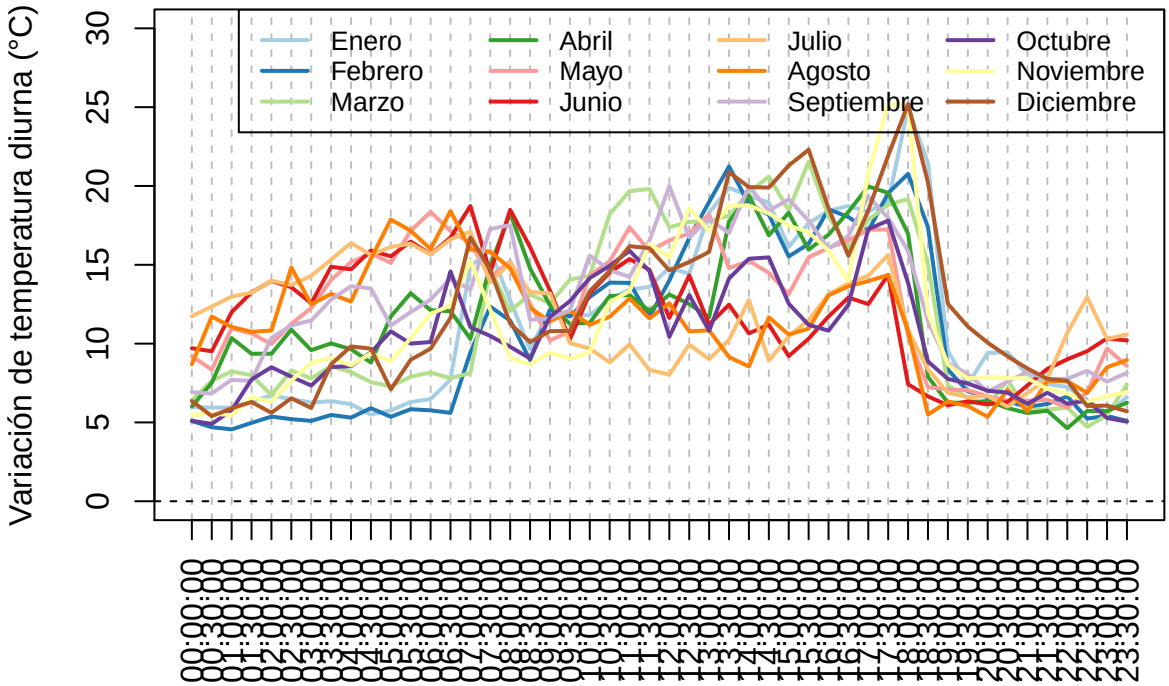


O todo en un mismo grafico, y la variación de temperatura diurna para cada mes.

```
plot(x = hours, y = tempDayEachMonth[[1]][, 2], type = 'n', ylim = c(-10, 35),
    xlab = "", ylab = "Temperatura promedia (°C)",
    xaxt = "n",
    panel.first = {
        abline(v = hours, col = "gray", lty = 2)
        abline(h = 0, lty = 2)
    })
axis(side = 1, at = hours, labels = tempHourMean[, 1], las = 2)
myColors <- c("#A6CEE3", "#1F78B4", "#B2DF8A", "#33A02C", "#FB9A99",
    "#E31A1C", "#FDBF6F", "#FF7F00", "#CAB2D6", "#6A3D9A", "#FFFF99",
    "#B15928")
for (i in seq_along(tempDayEachMonth)){
    points(x = hours,
        y = tempDayEachMonth[[i]][, 2],
        type = 'l', col = myColors[i], lwd = 2)
}
legend("topright", ncol = 4, legend = meses, col = myColors,
    lty = 1, lwd = 2, cex = 0.8)
```




```
plot(x = hours, y = tempDayEachMonth[[1]][, 2], type = 'n', ylim = c(0, 30),
    xlab = "", ylab = "Variación de temperatura diurna (°C)",
    xaxt = "n",
    panel.first = {
        abline(v = hours, col = "gray", lty = 2)
        abline(h = 0, lty = 2)
    })
axis(side = 1, at = hours, labels = tempHourMean[, 1], las = 2)
myColors <- c("#A6CEE3", "#1F78B4", "#B2DF8A", "#33A02C", "#FB9A99",
    "#E31A1C", "#FDBF6F", "#FF7F00", "#CAB2D6", "#6A3D9A", "#FFFF99",
    "#B15928")
for (i in seq_along(tempDayEachMonth)){
    points(x = hours,
        y = tempDayEachMonth[[i]][, 6] - tempDayEachMonth[[i]][, 4],
        type = 'l', col = myColors[i], lwd = 2)
}
legend("topright", ncol = 4, legend = meses, col = myColors,
    lty = 1, lwd = 2, cex = 0.8)
```


Variación de temperatura diurna (°C)
0
5
10
15
20
25
30
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre