

# Clases y Métodos

Oscar Perpiñán Lamigueiro

Universidad Politécnica de Madrid

1 OOP en R

2 Clases y métodos S3

3 Clases y métodos S4

# Programación Orientada a Objetos (OOP)

- Los objetos encapsulan información y control de su comportamiento (*objects*).
- Las clases describen propiedades de un grupo de objetos (*class*).
- Se pueden definir clases a partir de otras (*inheritance*).
- Una función genérica se comporta de forma diferente atendiendo a la clase de uno (o varios) de sus argumentos (*polymorphism*).

# OOP en R

En R coexisten dos implementaciones de la OOP:

- S3: elaboración informal con énfasis en las funciones genéricas y el polimorfismo.
- S4: elaboración formal de clases y métodos.

## Referencias

- [Software for Data Analysis](#)
- [How Methods Work](#)
- [S4 classes in 15 pages](#)
- [R Programming for Bioinformatics](#)
- [S4 System Development in Bioconductor](#)

1 OOP en R

2 Clases y métodos S3

3 Clases y métodos S4

1 OOP en R

2 Clases y métodos S3

- Clases
- Métodos

3 Clases y métodos S4

# Clases

Los objetos básicos en R tienen una clase implícita definida en S3. Es accesible con `class`.

```
x <- rnorm(10)
class(x)
```

```
[1] "numeric"
```

Pero no tienen atributo...

```
attr(x, 'class')
```

```
NULL
```

...ni se consideran formalmente objetos

```
is.object(x)
```

```
[1] FALSE
```



# Clases

Se puede redefinir la clase de un objeto S3 con `class`

```
class(x) <- 'myNumeric'  
class(x)
```

```
[1] "myNumeric"
```

Ahora sí es un objeto...

```
is.object(x)
```

```
[1] TRUE
```

y su atributo está definido

```
attr(x, 'class')
```

```
[1] "myNumeric"
```

Sin embargo, su modo de almacenamiento (*clase intrínseca*) no cambia:

```
mode(x)
```

```
[1] "numeric"
```

# Definición de Clases

```
task1 <- list(what='Write an email',
              when=as.Date('2013-01-01'),
              priority='Low')
class(task1) <- 'Task'
task1
```

```
$what
[1] "Write an email"
```

```
$when
[1] "2013-01-01"
```

```
$priority
[1] "Low"
```

```
attr(,"class")
[1] "Task"
```

```
task2 <- list(what='Find and fix bugs',
              when=as.Date('2013-03-15'),
              priority='High')
class(task2) <- 'Task'
```

# Definición de Clases

```
myToDo <- list(task1, task2)
class(myToDo) <- c('ToDo3')
myToDo
```

```
[[1]]
$what
[1] "Write an email"

$when
[1] "2013-01-01"

$priority
[1] "Low"

attr(,"class")
[1] "Task"

[[2]]
$what
[1] "Find and fix bugs"

$when
[1] "2013-03-15"

$priority
[1] "High"

attr(,"class")
[1] "Task"

attr(,"class")
```

# Problemas de la sencillez de S3

```
notToDo <- list(task1, 2019)
class(notToDo) <- c('ToDo3')
notToDo
```

```
[[1]]
$what
[1] "Write an email"

$when
[1] "2013-01-01"

$priority
[1] "Low"

attr(,"class")
[1] "Task"

[[2]]
[1] 2019

attr(,"class")
[1] "ToDo3"
```

1 OOP en R

2 Clases y métodos S3

- Clases

- Métodos

3 Clases y métodos S4

# Métodos con S3

Son **sencillos** de usar e implementar pero **poco robustos**.  
Se definen a partir de un método genérico...

## summary

```
function (object, ...)
UseMethod("summary")
<bytecode: 0x562201fcff70>
<environment: namespace:base>
```

...añadiendo a la función el nombre de la clase con un punto como separador.

## summary.data.frame

```
function (object, maxsum = 7L, digits = max(3L, getOption("digits") -
  3L), ...)
{
  ncw <- function(x) {
    z <- nchar(x, type = "w")
    if (any(na <- is.na(z))) {
      z[na] <- nchar(encodeString(z[na]), "b")
    }
    z
  }
  z <- lapply(X = as.list(object), FUN = summary, maxsum = maxsum,
    digits = 12L, ...)
  nv <- length(object)
  nm <- names(object)
  lw <- numeric(nv)
  nr <- if (nv)
```

# Métodos con S3

Con `methods` podemos averiguar los métodos que hay definidos para una función particular:

```
methods('summary')
```

```
[1] summary.aov                summary.aovlist*
[3] summary.aspell*           summary.check_packages_in_dir*
[5] summary.connection        summary.data.frame
[7] summary.Date              summary.default
[9] summary.ecdf*             summary.factor
[11] summary.glm               summary.infl*
[13] summary.lm                summary.loess*
[15] summary.manova            summary.matrix
[17] summary.mlm*              summary.nls*
[19] summary.packageStatus*    summary.POSIXct
[21] summary.POSIXlt           summary.ppr*
[23] summary.prcomp*           summary.princomp*
[25] summary.proc_time         summary.srcfile
[27] summary.srcref            summary.stepfun
[29] summary.stl*              summary.table
[31] summary.tukeysmooth*      summary.warnings
see '?methods' for accessing help and source code
```

# Métodos con S3

Si no hay un método definido para la clase del objeto, UseMethod ejecuta la función por defecto:

## summary.default

```
function(object, ..., digits, quantile.type = 7)
{
  if (is.factor(object))
    return(summary.factor(object, ...))
  else if (is.matrix(object)) {
    if (missing(digits))
      return(summary.matrix(object, quantile.type = quantile.type,
        ...))
    else return(summary.matrix(object, digits = digits, quantile.type = quantile.type,
      ...))
  }
  value <- if (is.logical(object))
    c(Mode = "logical", {
      tb <- table(object, exclude = NULL, useNA = "ifany")
      if (!is.null(n <- dimnames(tb)[[1L]]) && any(iN <- is.na(n))) dimnames(tb)[[1L]][iN] <- "NA's"
      tb
    })
  else if (is.numeric(object)) {
    nas <- is.na(object)
    object <- object[!nas]
    qq <- stats::quantile(object, names = FALSE, type = quantile.type)
    qq <- c(qq[1L:3L], mean(object), qq[4L:5L])
    if (!missing(digits))
      qq <- signif(qq, digits)
    names(qq) <- c("Min.", "1st Qu.", "Median", "Mean", "3rd Qu.",
      "Max.")
    if (any(nas))
```



# Ejemplo de definición de método genérico

En primer lugar, definimos la función con UseMethod:

```
myFun <- function(x, ...)UseMethod('myFun')
```

... y la función por defecto.

```
myFun.default <- function(x, ...){  
  cat('Funcion genérica\n')  
  print(x)  
}
```

# Ejemplo de definición de método genérico

Dado que aún no hay métodos definidos, esta función ejecutará la función por defecto.

```
methods('myFun')
```

```
[1] myFun.default  
see '?methods' for accessing help and source code
```

```
x <- rnorm(10)  
myFun(x)
```

```
Funcion genérica  
[1]  1.0585853  0.1624185  0.4340894  1.7977483 -0.3789191  0.1460346  
[7] -1.8634702 -1.3935576  1.0927730  0.4350904
```

```
myFun(task1)
```

```
Funcion genérica  
$what  
[1] "Write an email"  
  
$when  
[1] "2013-01-01"  
  
$priority  
[1] "Low"  
  
attr(,"class")  
[1] "Task"
```

# Ejemplo de definición de método específico

```
myFun.Task <- function(x, number,...)
{
  if (!missing(number))
    cat('Task no.', number, ':\n')
  cat('What: ', x$what,
      '- When:', as.character(x$when),
      '- Priority:', x$priority,
      '\n')
}
```

`methods(myFun)`

```
[1] myFun.default myFun.Task
see '?methods' for accessing help and source code
```

`methods(class='Task')`

```
[1] myFun
see '?methods' for accessing help and source code
```

# Método de Task

## myFun(task1)

What: Write an email - When: 2013-01-01 - Priority: Low

## myFun(task2)

What: Find and fix bugs - When: 2013-03-15 - Priority: High

## myFun(myToDo)

Funcion genérica

```
[[1]]
```

```
$what
```

```
[1] "Write an email"
```

```
$when
```

```
[1] "2013-01-01"
```

```
$priority
```

```
[1] "Low"
```

```
attr(,"class")
```

```
[1] "Task"
```

```
[[2]]
```

```
$what
```

```
[1] "Find and fix bugs"
```

```
$when
```

```
[1] "2013-03-15"
```

```
$priority
```

```
[1] "High"
```

## Definición del método para ToDo3

### Ejercicio

Define un método de `myFun` para la clase `ToDo3` con dos enfoques: sin tener en cuenta el método definido para `Task`; teniendo en cuenta el método para `Task`.

# Definición del método para ToDo3

```
myFun.ToDo3 <- function(x, ...){
  cat('This is my ToDo list:\n')
  ## Cada uno de los elementos de un
  ## objeto ToDo3 son Task. Por tanto,
  ## x[[i]] es de clase Task y
  ## print(x[[i]]) ejecuta el metodo
  ## print.Task
  for (i in seq_along(x)) myFun(x[[i]], i)
  cat('-----\n')
}
```

myFun(myToDo)

```
This is my ToDo list:
Task no. 1 :
What:  Write an email - When: 2013-01-01 - Priority: Low
Task no. 2 :
What:  Find and fix bugs - When: 2013-03-15 - Priority: High
-----
```

1 OOP en R

2 Clases y métodos S3

3 Clases y métodos S4

1 OOP en R

2 Clases y métodos S3

3 Clases y métodos S4

- Clases en S4
- Métodos en S4
- Clases S3 con clases y métodos S4



## Clases en S4

Se construyen con `setClass`, que acepta varios argumentos

- `Class`: nombre de la clase.
- `slots`: una lista con las clases de cada componente. Los nombres de este vector corresponden a los nombres de los componentes (`slot`).
- `contains`: un vector con las clases que esta nueva clase extiende.
- `prototype`: un objeto proporcionando el contenido por defecto para los componentes definidos en `slots`.
- `validity`: a función que comprueba la validez de la clase creada con la información suministrada.

# Datos de ejemplo

Vamos a ilustrar esta sección con datos de seguimiento GPS de gaviotas<sup>1</sup> empleando un extracto del conjunto de datos<sup>2</sup>.



---

<sup>1</sup>[https:](https://lifewatch.inbo.be/blog/posts/bird-tracking-data-published.html)

[//lifewatch.inbo.be/blog/posts/bird-tracking-data-published.html](https://lifewatch.inbo.be/blog/posts/bird-tracking-data-published.html)

<sup>2</sup>[https://lifewatch.inbo.be/blog/files/bird\\_tracking.zip](https://lifewatch.inbo.be/blog/files/bird_tracking.zip)

# Definición de una nueva clase

```
setClass('bird',  
  slots = c(  
    name = 'character',  
    lat = 'numeric',  
    lon = 'numeric',  
    alt = 'numeric',  
    speed = 'numeric',  
    time = 'POSIXct')  
)
```

# Funciones para obtener información de una clase

```
getClass('bird')
```

```
Class "bird" [in ".GlobalEnv"]
```

```
Slots:
```

```
Name:      name      lat      lon      alt      speed      time
Class: character numeric numeric numeric numeric POSIXct
```

```
getSlots('bird')
```

```
      name      lat      lon      alt      speed      time
"character" "numeric" "numeric" "numeric" "numeric" "POSIXct"
```

```
slotNames('bird')
```

```
[1] "name" "lat" "lon" "alt" "speed" "time"
```

## Creación de un objeto con la clase definida

Una vez que la clase ha sido definida con `setClass`, se puede crear un objeto nuevo con `new`. Es habitual definir funciones que construyen y modifican objetos para evitar el uso directo de `new`:

```
readBird <- function(name, path)
{
  csvFile <- file.path(path, paste0(name, ".csv"))

  vals <- read.csv(csvFile)

  new('bird',
      name = name,
      lat = vals$latitude,
      lon = vals$longitude,
      alt = vals$altitude,
      speed = vals$speed_2d,
      time = as.POSIXct(vals$date_time)
  )
}
```

## Creación de objetos con la clase definida

```
eric <- readBird("eric", "data")  
nico <- readBird("nico", "data")  
sanne <- readBird("sanne", "data")
```

# Acceso a los slots

A diferencia de \$ en listas y `data.frame`, para extraer información de los *slots* hay que emplear @ (pero no es recomendable):

```
eric@name
```

```
[1] "eric"
```

```
summary(eric@speed)
```

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	NA's
0.0000	0.3437	1.0031	2.3005	2.4792	63.4881	85

## Clases S4 con slots tipo lista

```
setClass("flock",  
  slots = c(  
    name = "character",  
    members = "list")  
)
```

```
notAFlock <- new("flock",  
  name = "flock0",  
  members = list(eric,  
                 3,  
                 "hello"))  
sapply(notAFlock@members, class)
```

```
[1] "bird"      "numeric"  "character"
```



# Función de validación

```
valida <- function (object) {  
  if (any(sapply(object@members,  
                function(x) !is(x, "bird"))))  
    stop("only bird objects are accepted.")  
  return(TRUE)  
}  
  
setClass("flock",  
        slots = c(  
          name = "character",  
          members = "list"),  
        validity = valida  
        )
```

## Ejemplo de objeto S4 con slot tipo list

```
newFlock <- function(name, ...){  
  birds <- list(...)  
  new("flock",  
      name = name,  
      members = birds)  
}
```

```
notAFlock <- newFlock("flock0",  
                     eric, 2, "hello")
```

Error in validityMethod(object) : only bird objects are accepted.

```
myFlock <- newFlock("flock1",  
                   eric, nico, sanne)
```

1 OOP en R

2 Clases y métodos S3

**3 Clases y métodos S4**

- Clases en S4
- **Métodos en S4**
- Clases S3 con clases y métodos S4

## Métodos en S4: setMethod

- Normalmente se definen con setMethod suministrando:
  - ▶ la clase de los objetos para *esta* definición del método (signature)
  - ▶ la función a ejecutar (definition).

```
setMethod('show',  
  signature = "bird",  
  definition = function(object)  
  {  
    cat("Name: ", object@name, "\n")  
    cat("Latitude: ", summary(object@lat), "\n")  
    cat("Longitude: ", summary(object@lon), "\n")  
    cat("Speed: ", summary(object@speed), "\n")  
  })
```

eric

```
Name: eric  
Latitude: 30.17401 30.43032 30.4624 39.05512 50.11692 51.36129  
Longitude: -9.928351 -9.643971 -9.630419 -4.409152 2.65808 3.601085  
Speed: 0 0.3436568 1.00312 2.300545 2.479153 63.48807 85
```

# Métodos en S4: setMethod

```
setMethod('show',
  signature = "flock",
  definition = function(object)
  {
    cat("Flock Name: ", object@name, "\n")
    N <- length(object@members)
    lapply(seq_len(N), function(i)
    {
      cat("Bird #", i, "\n")
      print(object@members[[i]])
    })
  })
```

## myFlock

```
Flock Name: flock1
Bird # 1
Name: eric
Latitude: 30.17401 30.43032 30.4624 39.05512 50.11692 51.36129
Longitude: -9.928351 -9.643971 -9.630419 -4.409152 2.65808 3.601085
Speed: 0 0.3436568 1.00312 2.300545 2.479153 63.48807 85
Bird # 2
Name: nico
Latitude: 12.35442 15.89667 23.82977 31.08407 50.21611 51.51845
Longitude: 17.62615 16.75926 15.04404 8.211241 2.609542 4.857564
```

## Métodos en S4: setGeneric

- Es necesario que exista un método genérico ya definido.

```
isGeneric("as.data.frame")
```

```
[1] FALSE
```

- Si no existe, se define con setGeneric (y quizás standardGeneric).

```
setGeneric("as.data.frame")
```

```
[1] "as.data.frame"
```

- La función definition debe respetar los argumentos de la función genérica y en el mismo orden.

```
getGeneric("as.data.frame")
```

```
standardGeneric for "as.data.frame" defined from package "base"
```

```
function(x, row.names = NULL, optional = FALSE, ...)  
standardGeneric("as.data.frame")  
<environment: 0x562201ba7308>  
Methods may be defined for arguments: x, row.names, optional  
Use showMethods("as.data.frame") for currently available ones.
```

## Métodos en S4: ejemplo con `as.data.frame`

```
setMethod("as.data.frame",  
  signature = "bird",  
  definition = function(x, ...)  
  {  
    data.frame(  
      name = x@name,  
      lat = x@lat,  
      lon = x@lon,  
      alt = x@alt,  
      speed = x@speed,  
      time = x@time)  
  })
```

```
ericDF <- as.data.frame(eric)
```

## Métodos en S4: ejemplo con `as.data.frame`

### Ejercicio

Define un método de `as.data.frame` para la clase `flock` a partir del método para la clase `bird`.



## Métodos en S4: ejemplo con `as.data.frame`

```
setMethod("as.data.frame",  
  signature = "flock",  
  definition = function(x, ...)  
  {  
    dfs <- lapply(x@members, as.data.frame)  
    dfs <- do.call(rbind, dfs)  
    dfs$flock_name <- x@name  
    dfs  
  })
```

```
flockDF <- as.data.frame(myFlock)
```

## Métodos en S4: ejemplo con xyplot

```
library(lattice)

setGeneric("xyplot")

setMethod('xyplot',
  signature = "bird",
  definition = function(x, data = NULL, ...)
  {
    df <- as.data.frame(x)
    xyplot(lat ~ lon, data = df, ...)
  })
```

```
[1] "xyplot"
```

```
xyplot(eric)
```

# Métodos en S4: ejemplo con `xyp1ot`

## Ejercicio

Define un método de `xyp1ot` para la clase `bird` que permita elegir entre diferentes modos de representación:

- `lontime`
- `lattime`
- `latlon`
- `speed`

## Métodos en S4: ejemplo con xyplot

```
setMethod('xyplot',
  signature = "bird",
  definition = function(x, data = NULL,
                        mode = "latlon", ...)
  {
    df <- as.data.frame(x)
    switch(mode,
      lontime = xyplot(lon ~ time, data = df, ...),
      lattime = xyplot(lat ~ time, data = df, ...),
      latlon = xyplot(lat ~ lon, data = df, ...),
      speed = xyplot(speed ~ time, data = df, ...)
    )
  })
```

```
xyplot(eric, mode = "lontime")
```

# Métodos en S4: ejemplo con `xypLOT`

## Ejercicio

Define un método de `xypLOT` para la clase `flock` usando el color para distinguir a los diferentes integrantes (argumento `group` en `xypLOT`).

## Métodos en S4: ejemplo con xyplot

```
setMethod('xyplot',  
  signature = "flock",  
  definition = function(x, data = NULL, ...)  
  {  
    df <- as.data.frame(x)  
    xyplot(lon ~ lat,  
           group = name,  
           data = df,  
           auto.key = list(space = "right"))  
  })
```

```
xyplot(myFlock)
```

1 OOP en R

2 Clases y métodos S3

3 Clases y métodos S4

- Clases en S4
- Métodos en S4
- Clases S3 con clases y métodos S4

## Clases S3 con clases y métodos S4

Para usar objetos de clase S3 en signatures de métodos S4 o como contenido de slots de una clase S4 hay que registrarlos con `setOldClass`:

```
setOldClass('lm')
```

```
getClass('lm')
```

```
Virtual Class "lm" [package "methods"]
```

```
Slots:
```

```
Name: .S3Class
```

```
Class: character
```

```
Extends: "oldClass"
```

```
Known Subclasses:
```

```
Class "mlm", directly
```

```
Class "aov", directly
```

```
Class "glm", directly
```

```
Class "maov", by class "mlm", distance 2
```

```
Class "glm.null", by class "glm", distance 2
```



## Ejemplo con lm y xyplot

Definimos un método genérico para xyplot

```
library(lattice)
setGeneric('xyplot')
```

```
[1] "xyplot"
```

Definimos un método para la clase lm usando xyplot.

```
setMethod('xyplot',
  signature = c(x = 'lm',
                data = 'missing'),
  definition = function(x, data,
                        ...)
  {
    fitted <- fitted(x)
    residuals <- residuals(x)
    xyplot(residuals ~ fitted,...)
  })
```

## Ejemplo con lm y xyplot

Recuperamos la regresión que empleamos en el apartado de Estadística:

```
lmFertEdu <- lm(Fertility ~ Education, data = swiss)
summary(lmFertEdu)
```

```
Call:
lm(formula = Fertility ~ Education, data = swiss)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-17.036  -6.711  -1.011   9.526  19.689

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  79.6101     2.1041  37.836 < 2e-16 ***
Education    -0.8624     0.1448  -5.954 3.66e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 9.446 on 45 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4406,    Adjusted R-squared:  0.4282
F-statistic: 35.45 on 1 and 45 DF,  p-value: 3.659e-07
```

## Ejemplo con lm y xyplot

```
xyplot(lmFertEdu, col='red', pch = 19,  
       type = c('p', 'g'))
```