

Estructura temporal (subyacente) de los tipos de interés.

Andrea Jiménez Zúñiga

Introducción:

El objetivo del análisis mediante aplicación del ACP a un conjunto de 978 observaciones de los rendimientos de 10 bonos norteamericanos a distintos plazos entre el 2 de enero de 1995 y el 30 de septiembre de 1998. Se trata de verificar si, se puede establecer una estructura subyacente que sintetice y agrupe los distintos plazos en virtud de sus características comunes. A su vez se plantean una serie de cuestiones: En primer lugar determinar si tiene sentido llevar a cabo, un análisis de componentes principales haciendo los análisis correspondientes, por otro lado, el número de componentes que permitirían explicar la estructura subyacente de los tipos de interés, y por último se quiere saber si tiene sentido hacer una rotación de las variables subyacentes.

Read Data

```
## Parsed with column specification:
## cols(
##   X1 = col_character(),
##   `DEPO 1M` = col_double(),
##   `DEPO 3M` = col_double(),
##   `DEPO 6M` = col_double(),
##   `DEPO 12M` = col_double(),
##   `IRS 2Y` = col_double(),
##   `IRS 3Y` = col_double(),
##   `IRS 4Y` = col_double(),
##   `IRS 5Y` = col_double(),
##   `IRS 7Y` = col_double(),
##   `IRS 10Y` = col_double()
## )
```

Los elementos con los que nos encontramos son:

1. Observaciones activas, que son las que se emplean para el análisis. Se toman las primeras 949 observaciones.
2. Observaciones suplementarias, que son las que se utilizan para predecir. Se toman las observaciones que van de 950 a la 978.
3. Variables activas: Se toman las 9 primeras variables.
4. Variables suplementaria a predecir se toma la IRS 10Y.

```
## [1] "X1"      "DEPO 1M" "DEPO 3M" "DEPO 6M" "DEPO 12M" "IRS 2Y"
## [7] "IRS 3Y"  "IRS 4Y"  "IRS 5Y"  "IRS 7Y"  "IRS 10Y"
```

Data summary

Name TIUSD
Number of rows 978
Number of columns 11

Column type frequency:

character 1
numeric 10

Group variables None

Variable type: character

skim_variable	n_missing	complete_rate	min	max	empty	n_unique	whitespace
X1	0	1	10	10	0	978	0

Variable type: numeric

skim_variable	n_missing	complete_rate	mean	sd	p0	p2.5	p5.0	p7.5	p10.0	hist
DEPO 1M	195	0.8	5.69	0.24	5.31	5.44	5.66	5.88	6.19	
DEPO 3M	0	1.0	5.74	0.24	5.25	5.56	5.69	5.88	6.50	
DEPO 6M	0	1.0	5.81	0.30	5.12	5.63	5.76	5.91	7.00	
DEPO 12M	0	1.0	5.97	0.43	5.08	5.78	5.90	6.09	7.81	
IRS 2Y	0	1.0	6.12	0.52	4.82	5.85	6.08	6.32	8.22	
IRS 3Y	0	1.0	6.25	0.54	4.86	5.92	6.20	6.47	8.28	
IRS 4Y	0	1.0	6.35	0.55	4.92	5.98	6.30	6.61	8.29	
IRS 5Y	0	1.0	6.43	0.55	5.03	6.08	6.38	6.71	8.31	
IRS 7Y	0	1.0	6.55	0.55	5.12	6.12	6.52	6.86	8.33	

IRS 10Y	0	1.0	6.69	0.5	5.2	6.2	6.6	7.0	8.3	—
				5	4	0	6	4	4	—

```
## # A tibble: 6 x 11
##   X1      `DEPO 1M` `DEPO 3M` `DEPO 6M` `DEPO 12M` `IRS 2Y` `IRS 3Y`
##   <chr>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>
##   <dbl>
## 1 02/0...      6        6.5        7          7.75      8.17      8.24
##    8.25
## 2 03/0...    5.94      6.5        7          7.81      8.22      8.28
##    8.29
## 3 04/0...    5.94      6.5        7          7.81      8.13      8.2
##    8.23
## 4 05/0...    5.90      6.44      6.94      7.69      8.14      8.22
##    8.26
## 5 06/0...    5.88      6.44      6.94      7.69      8.07      8.2
##    8.25
## 6 09/0...    5.88      6.38      6.88      7.69      8.14      8.25
##    8.29
## # ... with 3 more variables: `IRS 5Y` <dbl>, `IRS 7Y` <dbl>, `IRS 10Y`
##    <dbl>
```

```
## # A tibble: 6 x 11
##   X1      `DEPO 1M` `DEPO 3M` `DEPO 6M` `DEPO 12M` `IRS 2Y` `IRS 3Y`
##   <chr>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>
##   <dbl>
## 1 23/0...      NA        5.5        5.41      5.25      5.11      5.14
##    5.22
## 2 24/0...      NA        5.44      5.34      5.16      5.03      5.08
##    5.16
## 3 25/0...      NA        5.31      5.25      5.06      4.93      4.97
##    5.07
## 4 28/0...      NA        5.31      5.25      5.06      4.92      4.96
##    5.04
## 5 29/0...      NA        5.31      5.25      5.06      4.94      4.99
##    5.08
## 6 30/0...      NA        5.31      5.25      5.06      4.82      4.86
##    4.92
## # ... with 3 more variables: `IRS 5Y` <dbl>, `IRS 7Y` <dbl>, `IRS 10Y`
##    <dbl>
```

Análisis Exploratorio

Cada observación va a tener muy pocos datos por lo que utilizo la librería reshape2. Voy a trabajar con los casos completos (complete cases) ya que en este caso hay muchos NAs. Una vez utilizado complete cases, voy a crear una columna con los datos de X1 y transformándolos a formato fecha, y a continuación me quedo con todas las columnas excepto la X1.

A continuación hago un melt de los datos anteriores con el identificador fecha. Esto se puede ver a través de un ggplot gracias al melt realizado anteriormente.

Las oscilaciones a corto plazo no se pueden ver, sólo se pueden observar las de largo plazo. Posteriormente voy a seleccionar las primeras 949 observaciones (observaciones activas) y las primeras 9 variables (variables activas) sin tener en cuenta la columna fecha.

```
## # A tibble: 6 x 10
##   X1      `DEPO 1M` `DEPO 3M` `DEPO 6M` `DEPO 12M` `IRS 2Y` `IRS 3Y`
##   <chr>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>
## 1 02/0...      6        6.5        7        7.75      8.17      8.24
## 2 03/0...    5.94      6.5        7        7.81      8.22      8.28
## 3 04/0...    5.94      6.5        7        7.81      8.13      8.2
## 4 05/0...    5.90      6.44      6.94      7.69      8.14      8.22
## 5 06/0...    5.88      6.44      6.94      7.69      8.07      8.2
## 6 09/0...    5.88      6.38      6.88      7.69      8.14      8.25

## # ... with 2 more variables: `IRS 5Y` <dbl>, `IRS 7Y` <dbl>

## tibble [949 x 10] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
##  $ X1      : chr [1:949] "02/01/1995" "03/01/1995" "04/01/1995"
##    "05/01/1995" ...
##  $ DEPO 1M : num [1:949] 6 5.94 5.94 5.9 5.88 ...
##  $ DEPO 3M : num [1:949] 6.5 6.5 6.5 6.44 6.44 ...
##  $ DEPO 6M : num [1:949] 7 7 7 6.94 6.94 ...
##  $ DEPO 12M: num [1:949] 7.75 7.81 7.81 7.69 7.69 ...
##  $ IRS 2Y  : num [1:949] 8.17 8.22 8.13 8.14 8.07 ...
##  $ IRS 3Y  : num [1:949] 8.24 8.28 8.2 8.22 8.2 8.25 8.21 8.2 8.15
##    7.96 ...
##  $ IRS 4Y  : num [1:949] 8.25 8.29 8.23 8.26 8.25 8.29 8.25 8.23 8.19
##    8.03 ...
##  $ IRS 5Y  : num [1:949] 8.22 8.29 8.24 8.27 8.27 8.31 8.25 8.24 8.22
##    8.05 ...
##  $ IRS 7Y  : num [1:949] 8.24 8.3 8.26 8.29 8.29 8.33 8.26 8.25 8.24
##    8.08 ...

## [1] "2019-01-02" "2019-01-03" "2019-01-04" "2019-01-05" "2019-01-06"
## [6] "2019-01-09"

## Date[1:949], format: "2019-01-02" "2019-01-03" "2019-01-04" "2019-01-
## 05" "2019-01-06" ...
```

Voy a crear a continuación un dataframe con todos los estadísticos al uso con las que ya están y otros que no están como la desviación típica. Esto se hace con el 'apply'.

```
##           Min  Q1  Med Mean  SD  Q3  Max
## DEPO 1M  5.3 5.4 5.7  5.7  NA 5.9 6.2
## DEPO 3M  5.2 5.6 5.7  5.7 0.2 5.9 6.5
## DEPO 6M  5.1 5.7 5.8  5.8 0.3 5.9 7.0
## DEPO 12M 5.0 5.8 5.9  6.0 0.4 6.1 7.8
## IRS 2Y   4.9 5.9 6.1  6.1 0.5 6.3 8.2
## IRS 3Y   5.1 6.0 6.2  6.3 0.5 6.5 8.3
## IRS 4Y   5.3 6.0 6.3  6.4 0.5 6.6 8.3
## IRS 5Y   5.4 6.1 6.4  6.5 0.5 6.7 8.3
## IRS 7Y   5.7 6.1 6.5  6.6 0.5 6.9 8.3
```

Análisis matriz de correlación:

Creo una matriz de correlación aplicándole un redondeo (de 2).

```
##           DEPO 1M DEPO 3M DEPO 6M DEPO 12M IRS 2Y IRS 3Y IRS 4Y IRS 5Y
IRS 7Y
## DEPO 1M           1      NA      NA      NA      NA      NA      NA      NA
NA
## DEPO 3M           NA     1.00    0.93    0.76    0.63    0.59    0.56    0.53
0.50
## DEPO 6M           NA     0.93    1.00    0.94    0.86    0.82    0.80    0.77
0.73
## DEPO 12M          NA     0.76    0.94    1.00    0.97    0.95    0.93    0.91
0.87
## IRS 2Y            NA     0.63    0.86    0.97    1.00    0.99    0.98    0.97
0.94
## IRS 3Y            NA     0.59    0.82    0.95    0.99    1.00    1.00    0.99
0.97
## IRS 4Y            NA     0.56    0.80    0.93    0.98    1.00    1.00    1.00
0.99
## IRS 5Y            NA     0.53    0.77    0.91    0.97    0.99    1.00    1.00
1.00
## IRS 7Y            NA     0.50    0.73    0.87    0.94    0.97    0.99    1.00
1.00
```

Hay problemas con los NA por lo que se utiliza 'complete.obs' de tal forma que va a eliminar la fila completa donde aparezca un NA.

```
##           DEPO 1M DEPO 3M DEPO 6M DEPO 12M IRS 2Y IRS 3Y IRS 4Y IRS 5Y
IRS 7Y
## DEPO 1M           1.00    0.92    0.74    0.51    0.35    0.31    0.28    0.26
0.23
## DEPO 3M           0.92    1.00    0.93    0.76    0.63    0.58    0.55    0.53
0.50
## DEPO 6M           0.74    0.93    1.00    0.94    0.86    0.83    0.81    0.79
0.76
## DEPO 12M          0.51    0.76    0.94    1.00    0.98    0.96    0.95    0.93
```

0.91									
## IRS 2Y	0.35	0.63	0.86	0.98	1.00	1.00	0.99	0.98	
0.97									
## IRS 3Y	0.31	0.58	0.83	0.96	1.00	1.00	1.00	0.99	
0.98									
## IRS 4Y	0.28	0.55	0.81	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	
0.99									
## IRS 5Y	0.26	0.53	0.79	0.93	0.98	0.99	1.00	1.00	
1.00									
## IRS 7Y	0.23	0.50	0.76	0.91	0.97	0.98	0.99	1.00	
1.00									

Observando la primera fila se puede llegar a la conclusión de que los plazos cada vez son mayores y el plazo es creciente. Según crece el plazo, mayor es la correlación, por lo que parece que existe una correlación con el plazo. Puede haber factores subyacentes asociados a los plazos (Bonos de corto plazo, de largo plazo, etc).

Niveles de significación y Matriz de correlación:

En este caso se observa que la correlación no es muy buena, pero no se puede decidir si son independientes, por eso es importante el nivel de clasificación.

Se pueden conocer los niveles de significación con Hmsic. Se crea un dataframe que lo va a tratar como una matriz. Aparece primero la matriz de correlación, seguido del número de observaciones que se han utilizado (n) y por último los niveles de significación de la Hipótesis de independencia (P).

Para el contraste de hipótesis se calcula un estadístico de contraste que toma como valor lambda 0 (siendo este el empírico, el estadístico de contraste) y se lleva al eje de la x comparando lambda de 0 con lambda de t. Si lambda 0 está por delante de lambda t hay una masa de probabilidad y cuando este tiende a 0 se rechaza la hipótesis, está en región crítica.

##	DEPO 1M	DEPO 3M	DEPO 6M	DEPO 12M	IRS 2Y	IRS 3Y	IRS 4Y	IRS 5Y	
IRS 7Y									
## DEPO 1M	1.00	0.92	0.74	0.51	0.35	0.31	0.28	0.26	
0.23									
## DEPO 3M	0.92	1.00	0.93	0.76	0.63	0.59	0.56	0.53	
0.50									
## DEPO 6M	0.74	0.93	1.00	0.94	0.86	0.82	0.80	0.77	
0.73									
## DEPO 12M	0.51	0.76	0.94	1.00	0.97	0.95	0.93	0.91	
0.87									
## IRS 2Y	0.35	0.63	0.86	0.97	1.00	0.99	0.98	0.97	
0.94									
## IRS 3Y	0.31	0.59	0.82	0.95	0.99	1.00	1.00	0.99	
0.97									
## IRS 4Y	0.28	0.56	0.80	0.93	0.98	1.00	1.00	1.00	
0.99									
## IRS 5Y	0.26	0.53	0.77	0.91	0.97	0.99	1.00	1.00	

```

1.00
## IRS 7Y      0.23    0.50    0.73    0.87    0.94    0.97    0.99    1.00
1.00
##
## n
##          DEPO 1M DEPO 3M DEPO 6M DEPO 12M IRS 2Y IRS 3Y IRS 4Y IRS 5Y
IRS 7Y
## DEPO 1M      783      783      783      783      783      783      783      783
783
## DEPO 3M      783      949      949      949      949      949      949      949
949
## DEPO 6M      783      949      949      949      949      949      949      949
949
## DEPO 12M     783      949      949      949      949      949      949      949
949
## IRS 2Y       783      949      949      949      949      949      949      949
949
## IRS 3Y       783      949      949      949      949      949      949      949
949
## IRS 4Y       783      949      949      949      949      949      949      949
949
## IRS 5Y       783      949      949      949      949      949      949      949
949
## IRS 7Y       783      949      949      949      949      949      949      949
949
##
## P
##          DEPO 1M DEPO 3M DEPO 6M DEPO 12M IRS 2Y IRS 3Y IRS 4Y IRS 5Y
IRS 7Y
## DEPO 1M           0          0          0          0          0          0          0
0
## DEPO 3M    0           0          0          0          0          0          0
0
## DEPO 6M    0          0           0          0          0          0          0
0
## DEPO 12M   0          0          0           0          0          0          0
0
## IRS 2Y     0          0          0          0           0          0          0
0
## IRS 3Y     0          0          0          0          0           0          0
0
## IRS 4Y     0          0          0          0          0           0          0
0
## IRS 5Y     0          0          0          0          0          0           0
0
## IRS 7Y     0          0          0          0          0          0          0
0

```

Para poder visualizar mejor la matriz de correlación voy a graficarla a través de la librería 'corrplot'. Se puede observar que no existen correlaciones negativas entre

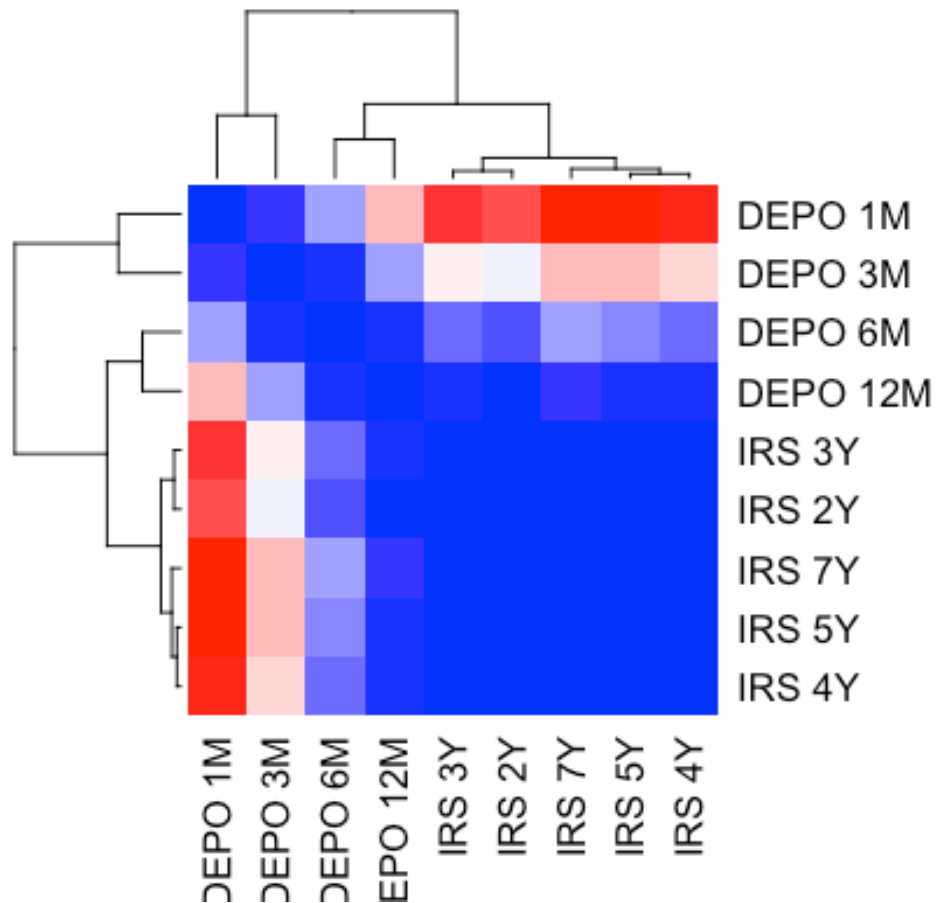
ninguna de ellas, observándose a su vez que la correlación que existe entre ellas es alta.

Grafico la matriz de correlación de manera que me permita observar clusters. Voy a probar primero añadiendo 4 factores subyacentes en 'addrect'.

A continuación, voy a probar 'addrect = 3'. Se puede observar que con 3 factores subyacentes puedo tener una buena explicación de los tipos de interés. En este caso el corto plazo es 3 meses, medio plazo 1 año y largo plazo a partir del año.

Para poder analizarlo de una manera más amplia, se emplea un chart.Correlation con la librería 'PerformanceAnalytics'. Se puede observar un chart de correlación donde en la diagonal aparece la distribución de cada variable, a la izquierda los diagramas de dispersión y a la derecha los coeficientes de correlación.

```
## Loading required package: PerformanceAnalytics
## Loading required package: xts
## Loading required package: zoo
##
## Attaching package: 'zoo'
##
## The following object is masked from 'package:imputeTS':
##
##     na.locf
##
## The following objects are masked from 'package:base':
##
##     as.Date, as.Date.numeric
##
## Attaching package: 'PerformanceAnalytics'
##
## The following object is masked from 'package:graphics':
##
##     legend
```

KMO verifica la idoneidad del ACP a partir de la matriz de correlaciones parciales. Para poder calcularla es necesario primero la inversa de la matriz de correlaciones. Una vez obtenida se puede calcular la matriz de correlaciones parciales, que es: -1 * matriz anti-imagen de spss, sin la diagonal.

##	DEPO 1M	DEPO 3M	DEPO 6M	DEPO 12M	IRS 2Y
IRS 3Y					
## DEPO 1M	0.8628501	22.96334	-38.616145	11.943987	-20.065898
0.3644975					
## DEPO 3M	22.9633443	-91.97076	104.514003	-24.135091	64.546952
22.3496705					
## DEPO 6M	-38.6161450	104.51400	-75.584843	-21.416804	-64.019769
1.5156507					
## DEPO 12M	11.9439868	-24.13509	-21.416804	88.962109	10.543657
108.3196046					
## IRS 2Y	-20.0658979	64.54695	-64.019769	10.543657	-41.713344
81.9769357					
## IRS 3Y	0.3644975	22.34967	-1.515651	-108.319605	81.976936
17.8150741					
## IRS 4Y	40.1832784	-145.14621	137.429984	20.675453	-2.734761
53.2516474					
## IRS 5Y	11.5177100	-67.22199	88.830313	7.166392	-48.039539
13.2186985					

```
## IRS 7Y    -25.3933278  109.63962 -127.742998  12.932455  22.273476  -
74.4501647
##          IRS 4Y      IRS 5Y      IRS 7Y
## DEPO 1M    40.183278   11.517710  -25.39333
## DEPO 3M   -145.146211  -67.221993  109.63962
## DEPO 6M    137.429984   88.830313 -127.74300
## DEPO 12M   20.675453    7.166392  12.93245
## IRS 2Y     -2.734761  -48.039539  22.27348
## IRS 3Y     53.251647   13.218699  -74.45016
## IRS 4Y    -189.268946   21.109967   56.80189
## IRS 5Y     21.109967 -176.089374  145.76400
## IRS 7Y     56.801895  145.764003 -113.30519
```

Aquí calculo la matriz de correlaciones parciales.

```
## $estimate
##          [,1]          [,2]          [,3]          [,4]          [,5]
[,6]
## [1,]  1.00000000  0.678733756 -0.06843771 -0.20080360 -0.07680693
0.08975117
## [2,]  0.67873376  1.000000000  0.72122305 -0.14700437  0.03636674 -
0.06238497
## [3,] -0.06843771  0.721223047  1.00000000  0.62496660  0.10852336 -
0.12037874
## [4,] -0.20080360 -0.147004374  0.62496660  1.00000000  0.15580953
0.06170153
## [5,] -0.07680693  0.036366738  0.10852336  0.15580953  1.00000000
0.82975977
## [6,]  0.08975117 -0.062384970 -0.12037874  0.06170153  0.82975977
1.00000000
## [7,] -0.06636885  0.009730220  0.05312616 -0.06059433 -0.15978098
0.58354461
## [8,]  0.06245561  0.016119750 -0.00128750 -0.06144044 -0.14753319
0.05969277
## [9,] -0.06081758  0.001097435  0.01413507  0.09403974 -0.12083851 -
0.15241068
##          [,7]          [,8]          [,9]
## [1,] -0.06636885  0.06245561 -0.060817584
## [2,]  0.00973022  0.01611975  0.001097435
## [3,]  0.05312616 -0.00128750  0.014135066
## [4,] -0.06059433 -0.06144044  0.094039739
## [5,] -0.15978098 -0.14753319 -0.120838506
## [6,]  0.58354461  0.05969277 -0.152410683
## [7,]  1.00000000  0.58228548  0.016073170
## [8,]  0.58228548  1.00000000  0.706067641
## [9,]  0.01607317  0.70606764  1.000000000
##
## $p.value
##          [,1]          [,2]          [,3]          [,4]
[,5]
```

```

## [1,] 0.000000e+00 7.076766e-106 5.670011e-02 1.678022e-08
3.241096e-02
## [2,] 7.076766e-106 0.000000e+00 1.521355e-125 3.942570e-05
3.116520e-01
## [3,] 5.670011e-02 1.521355e-125 0.000000e+00 2.645879e-85
2.468449e-03
## [4,] 1.678022e-08 3.942570e-05 2.645879e-85 0.000000e+00
1.300572e-05
## [5,] 3.241096e-02 3.116520e-01 2.468449e-03 1.300572e-05
0.000000e+00
## [6,] 1.237742e-02 8.243402e-02 7.789047e-04 8.585652e-02
3.204833e-198
## [7,] 6.461975e-02 7.866818e-01 1.392520e-01 9.164340e-02
7.728405e-06
## [8,] 8.208668e-02 6.539010e-01 9.714356e-01 8.719383e-02
3.694947e-05
## [9,] 9.045201e-02 9.756510e-01 6.942144e-01 8.761264e-03
7.432355e-04
##          [,6]          [,7]          [,8]          [,9]
## [1,] 1.237742e-02 6.461975e-02 8.208668e-02 9.045201e-02
## [2,] 8.243402e-02 7.866818e-01 6.539010e-01 9.756510e-01
## [3,] 7.789047e-04 1.392520e-01 9.714356e-01 6.942144e-01
## [4,] 8.585652e-02 9.164340e-02 8.719383e-02 8.761264e-03
## [5,] 3.204833e-198 7.728405e-06 3.694947e-05 7.432355e-04
## [6,] 0.000000e+00 5.250591e-72 9.658309e-02 2.010158e-05
## [7,] 5.250591e-72 0.000000e+00 1.244053e-71 6.548362e-01
## [8,] 9.658309e-02 1.244053e-71 0.000000e+00 4.002331e-118
## [9,] 2.010158e-05 6.548362e-01 4.002331e-118 0.000000e+00
##
## $statistic
##          [,1]          [,2]          [,3]          [,4]          [,5]          [,6]
## [1,] 0.000000 25.7126282 -1.90847032 -5.702683 -2.143165 2.507072 -
1.8505184
## [2,] 25.712628 0.0000000 28.96630282 -4.134708 1.012423 -1.738991
0.2707159
## [3,] -1.908470 28.9663028 0.00000000 22.272558 3.037150 -3.373572
1.4801053
## [4,] -5.702683 -4.1347076 22.27255800 0.000000 4.388349 1.719866 -
1.6888894
## [5,] -2.143165 1.0124235 3.03715039 4.388349 0.000000 41.361351 -
4.5030973
## [6,] 2.507072 -1.7389905 -3.37357210 1.719866 41.361351 0.000000
19.9914895
## [7,] -1.850518 0.2707159 1.48010533 -1.688889 -4.503097 19.991489
0.0000000
## [8,] 1.740967 0.4485235 -0.03581938 -1.712561 -4.149912 1.663670
19.9261882
## [9,] -1.695135 0.0305316 0.39328892 2.627912 -3.386647 -4.290318
0.4472271

```

```
##           [,8]      [,9]
## [1,]  1.74096724 -1.6951351
## [2,]  0.44852351  0.0305316
## [3,] -0.03581938  0.3932889
## [4,] -1.71256108  2.6279117
## [5,] -4.14991154 -3.3866474
## [6,]  1.66367046 -4.2903183
## [7,] 19.92618821  0.4472271
## [8,]  0.00000000 27.7392660
## [9,] 27.73926600  0.0000000
##
## $n
## [1] 783
##
## $gp
## [1] 7
##
## $method
## [1] "pearson"
```

Análisis determinante de matriz de correlaciones:

Cuanto más bajo sea el determinante de mi matriz de correlación mejor para el análisis, ya que indica alta multicolinealidad entre las variables. En este caso es muy cercano a 0 lo cual indica un alto nivel de colinealidad en el conjunto de variables involucradas en la matriz.

```
## [1] -4.856e-14
```

Test de esfericidad de Barlett:

Contrasta la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones es una matriz identidad, en cuyo caso no existirían correlaciones significativas entre las variables y el modelo factorial no sería pertinente. Si el p-valor es menor que 0.05 se acepta la hipótesis nula y se tiene que aplicar el análisis factorial. En caso contrario se rechaza la hipótesis y se continúa con el análisis.

```
## R was not square, finding R from data
## $chisq
## [1] 38507.24
##
## $p.value
## [1] 0
##
## $df
## [1] 36
```

Como resultado se obtiene un p.value = 0, por lo cual hay evidencia para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de que es distinto de 1.

Índice KMO de Kaiser-Meyer Olkin:

Se mide el grado de asociación exclusiva entre las dos variables eliminando la influencia del resto de variables. Cuanto más cerca de 1 esté el valor obtenido del test KMO, mayor va a ser la relación entre las variables.

```
## Kaiser-Meyer-Olkin factor adequacy
## Call: KMO(r = TIUSD.act)
## Overall MSA = 0.87
## MSA for each item =
## DEPO 1M DEPO 3M DEPO 6M DEPO 12M IRS 2Y IRS 3Y IRS 4Y IRS
5Y
## 0.77 0.80 0.86 0.92 0.88 0.85 0.90
0.86
## IRS 7Y
## 0.89
```

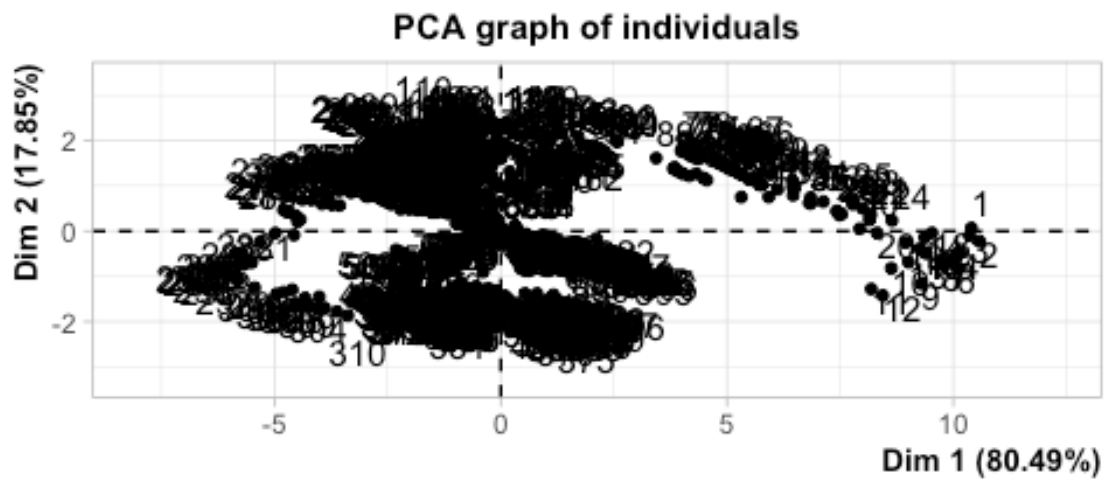
El valor de MSA = 0.87, lo cual indica el sentido que tiene realizar un análisis pca ya que su valor es mayor que 0.5.

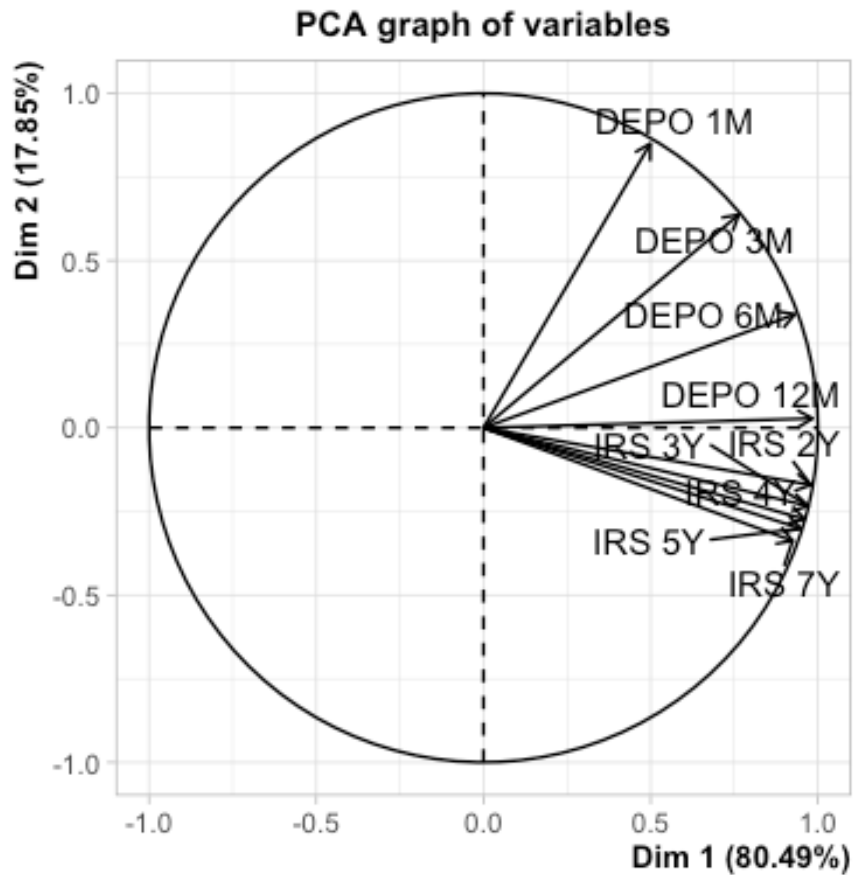
Varianza Explicada y Gráfico de Sedimentación

Voy a utilizar la librería FactoMineR. Los elementos del objeto pca creado van a aparecer en forma de lista.

```
## **Results for the Principal Component Analysis (PCA)**
## The analysis was performed on 949 individuals, described by 9
variables
## *The results are available in the following objects:
##
## name description
## 1 "$eig" "eigenvalues"
## 2 "$var" "results for the variables"
## 3 "$var$coord" "coord. for the variables"
## 4 "$var$cor" "correlations variables - dimensions"
## 5 "$var$cos2" "cos2 for the variables"
## 6 "$var$contrib" "contributions of the variables"
## 7 "$ind" "results for the individuals"
## 8 "$ind$coord" "coord. for the individuals"
## 9 "$ind$cos2" "cos2 for the individuals"
## 10 "$ind$contrib" "contributions of the individuals"
## 11 "$call" "summary statistics"
## 12 "$call$centre" "mean of the variables"
## 13 "$call$ecart.type" "standard error of the variables"
## 14 "$call$row.w" "weights for the individuals"
## 15 "$call$col.w" "weights for the variables"
##
## eigenvalue percentage of variance cumulative percentage of
variance
## comp 1 7.244543619 80.49492910
```

80.49493	
## comp 2 1.606517921	17.85019913
98.34513	
## comp 3 0.111997345	1.24441494
99.58954	
## comp 4 0.027127615	0.30141794
99.89096	
## comp 5 0.006081229	0.06756922
99.95853	
## comp 6 0.003133400	0.03481555
99.99335	



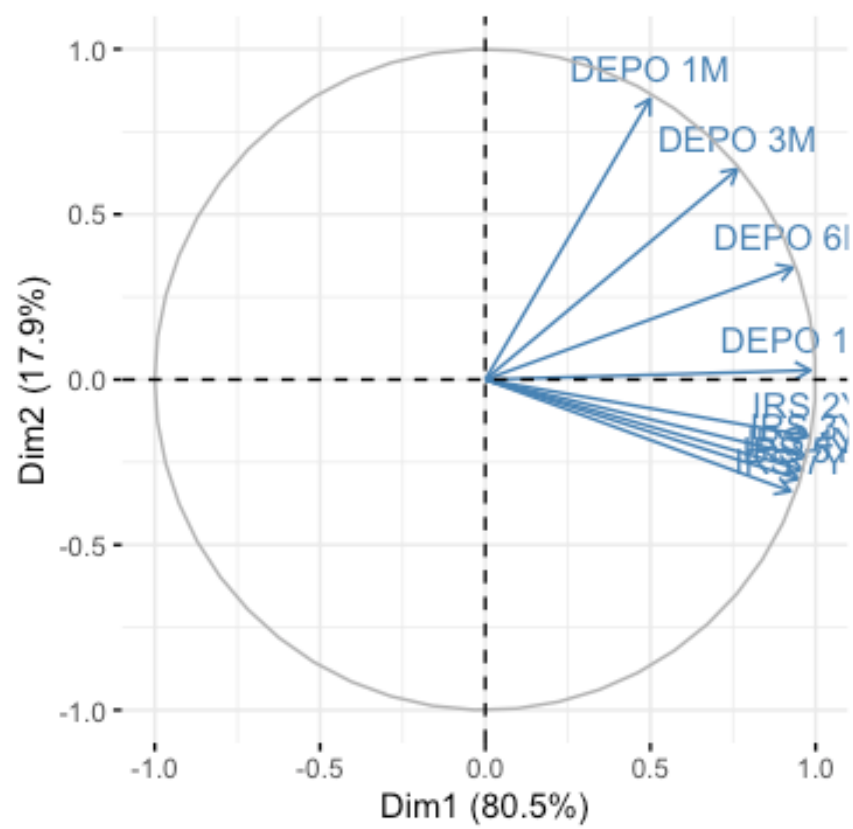


##	eigenvalue	percentage of variance	cumulative percentage of variance
## comp 1	7.244544e+00	80.49493	8.049493e+01
## comp 2	1.606518e+00	98.34513	1.785020e+01
## comp 3	1.119973e-01	99.58954	1.244415e+00
## comp 4	2.712761e-02	99.89096	3.014179e-01
## comp 5	6.081229e-03	99.95853	6.756922e-02
## comp 6	3.133400e-03	99.99335	3.481555e-02
## comp 7	3.926834e-04	99.99771	4.363149e-03
## comp 8	1.279276e-04	99.99913	1.421418e-03
## comp 9	7.825952e-05	100.00000	8.695502e-04

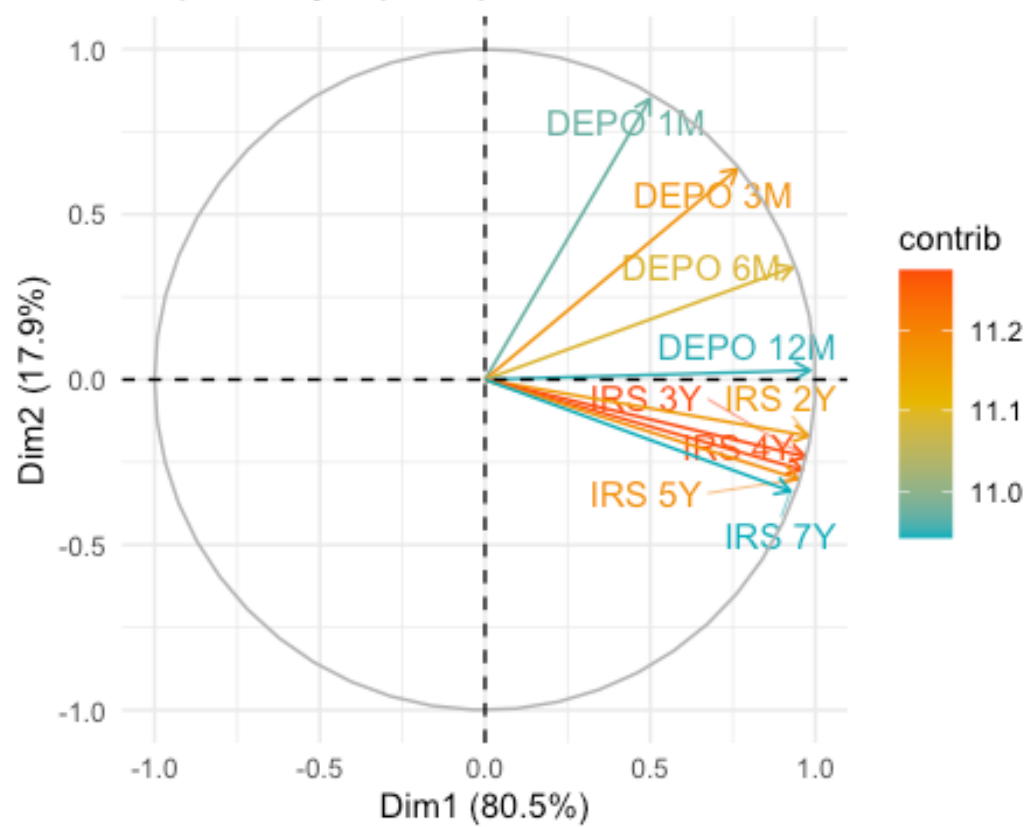
Relación de las variables con los CCPP:

##		Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
##	DEPO 1M	0.4991668	0.84964149	0.142171298	0.092842247	-0.010464086
##	DEPO 3M	0.7633050	0.63708200	0.009983266	-0.098647635	0.037947773
##	DEPO 6M	0.9308832	0.33927203	-0.118768940	-0.042665198	-0.031999358
##	DEPO 12M	0.9839225	0.02801849	-0.168211879	0.022152859	-0.031108003
##	IRS 2Y	0.9790443	-0.17057528	-0.087932796	0.056579043	0.035305017
##	IRS 3Y	0.9712048	-0.23390237	-0.015667424	0.034301167	0.022924098
##	IRS 4Y	0.9606408	-0.27302199	0.048125231	0.009285609	0.008446569
##	IRS 5Y	0.9482227	-0.30069317	0.100879787	-0.011336909	-0.004477525
##	IRS 7Y	0.9243219	-0.33778635	0.169744778	-0.043278187	-0.026013091
##		Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
##	DEPO 1M	0.4991668	0.84964149	0.142171298	0.092842247	-0.010464086
##	DEPO 3M	0.7633050	0.63708200	0.009983266	-0.098647635	0.037947773
##	DEPO 6M	0.9308832	0.33927203	-0.118768940	-0.042665198	-0.031999358
##	DEPO 12M	0.9839225	0.02801849	-0.168211879	0.022152859	-0.031108003
##	IRS 2Y	0.9790443	-0.17057528	-0.087932796	0.056579043	0.035305017
##	IRS 3Y	0.9712048	-0.23390237	-0.015667424	0.034301167	0.022924098
##	IRS 4Y	0.9606408	-0.27302199	0.048125231	0.009285609	0.008446569
##	IRS 5Y	0.9482227	-0.30069317	0.100879787	-0.011336909	-0.004477525
##	IRS 7Y	0.9243219	-0.33778635	0.169744778	-0.043278187	-0.026013091
##		Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
##	DEPO 1M	0.2491675	0.7218906570	0.0202126779	8.619683e-03	1.094971e-04
##	DEPO 3M	0.5826345	0.4058734708	0.0000996656	9.731356e-03	1.440033e-03
##	DEPO 6M	0.8665436	0.1151055076	0.0141060612	1.820319e-03	1.023959e-03
##	DEPO 12M	0.9681034	0.0007850358	0.0282952363	4.907491e-04	9.677078e-04
##	IRS 2Y	0.9585277	0.0290959254	0.0077321766	3.201188e-03	1.246444e-03
##	IRS 3Y	0.9432389	0.0547103168	0.0002454682	1.176570e-03	5.255143e-04
##	IRS 4Y	0.9228307	0.0745410057	0.0023160379	8.622254e-05	7.134453e-05
##	IRS 5Y	0.8991262	0.0904163854	0.0101767314	1.285255e-04	2.004823e-05
##	IRS 7Y	0.8543710	0.1140996170	0.0288132896	1.873001e-03	6.766809e-04
##		Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
##	DEPO 1M	3.439381	44.93511385	18.04746168	31.7745696	1.800575
##	DEPO 3M	8.042391	25.26417324	0.08898925	35.8725087	23.679973
##	DEPO 6M	11.961328	7.16490654	12.59499609	6.7102070	16.838025
##	DEPO 12M	13.363208	0.04886567	25.26420280	1.8090391	15.913029
##	IRS 2Y	13.231030	1.81111739	6.90389278	11.8004777	20.496582
##	IRS 3Y	13.019990	3.40552172	0.21917322	4.3371674	8.641580
##	IRS 4Y	12.738287	4.63991124	2.06794001	0.3178405	1.173193
##	IRS 5Y	12.411082	5.62809691	9.08658277	0.4737811	0.329674
##	IRS 7Y	11.793304	7.10229344	25.72676140	6.9044090	11.127370

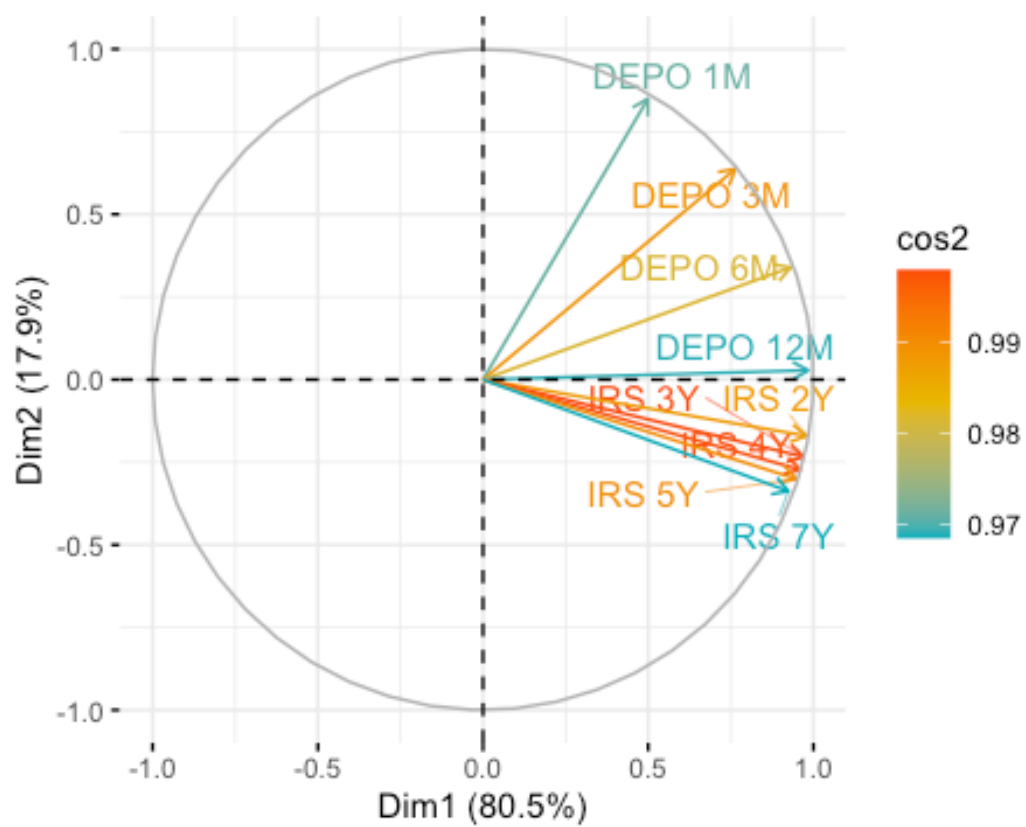
Variables - PCA

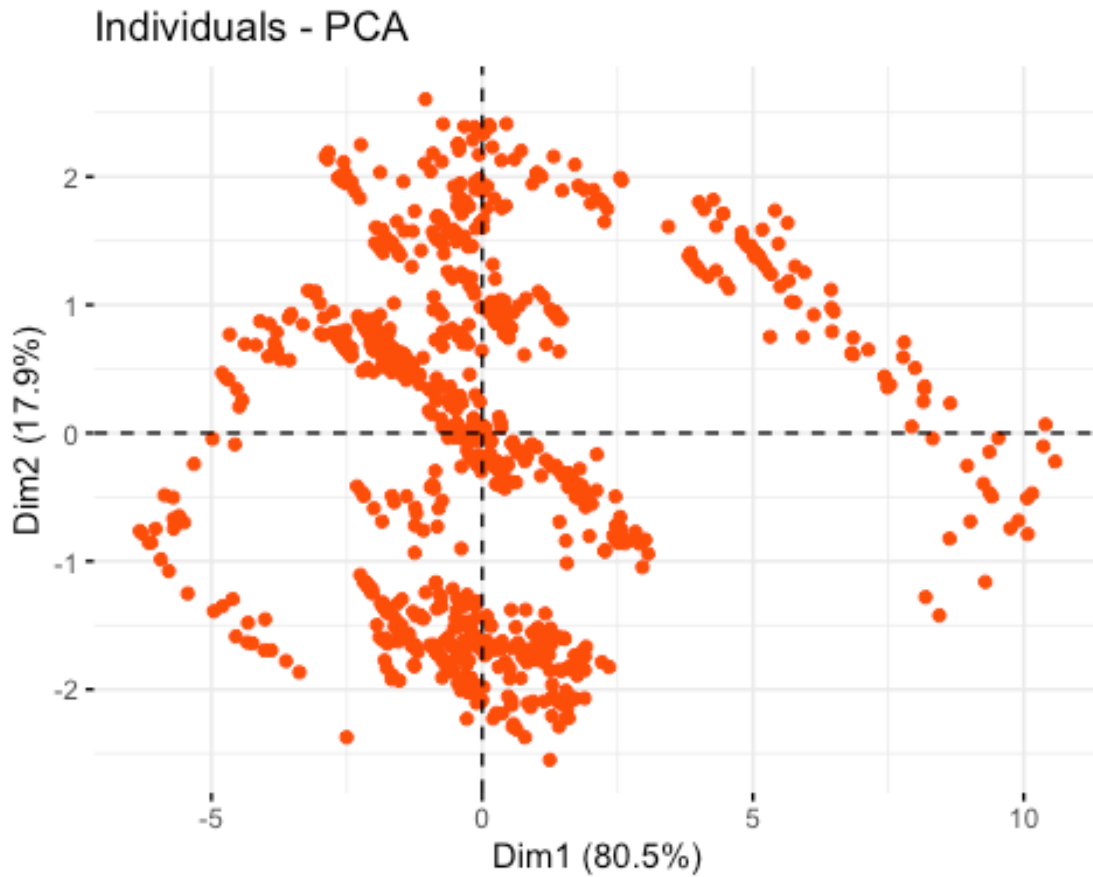


Mapa de ejes principales



Variables - PCA

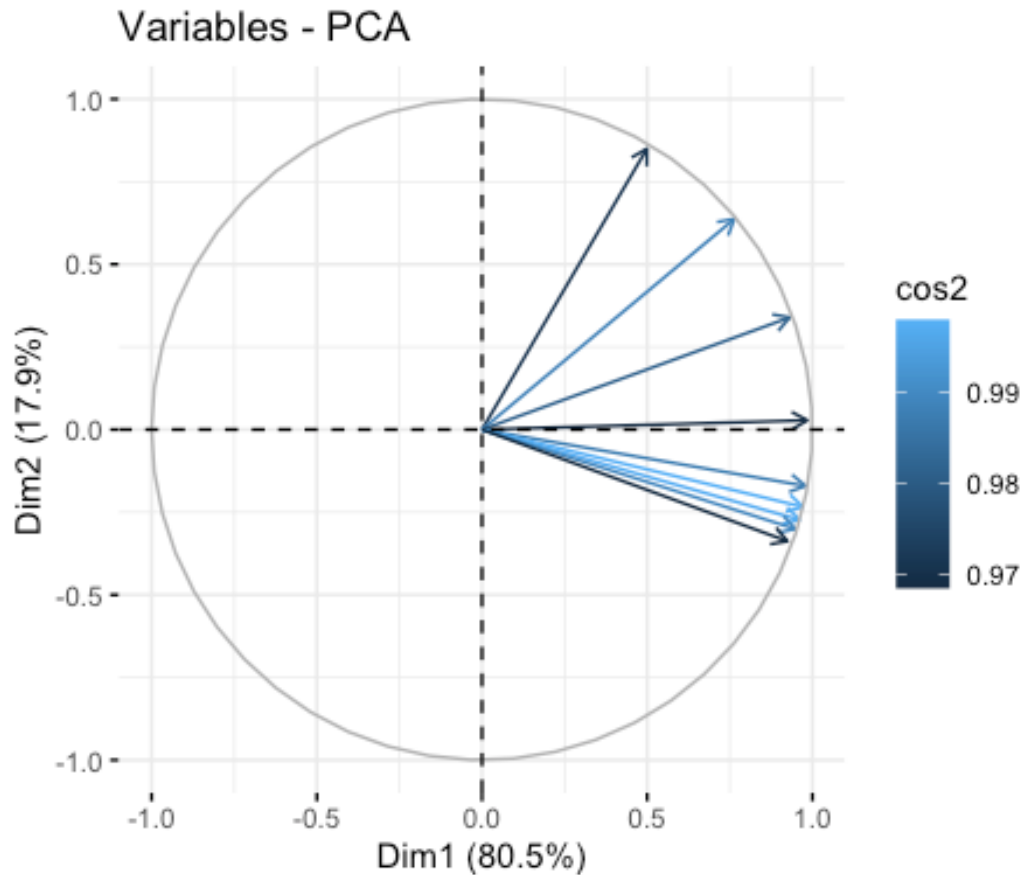




Axes 1 y 2 se corresponden con PC1 y PC2.

Representación de las variables:

Para ello se puede utilizar la función `fviz_pca_var()` del paquete `factoextra`, obteniendo un gráfico de correlación de variables

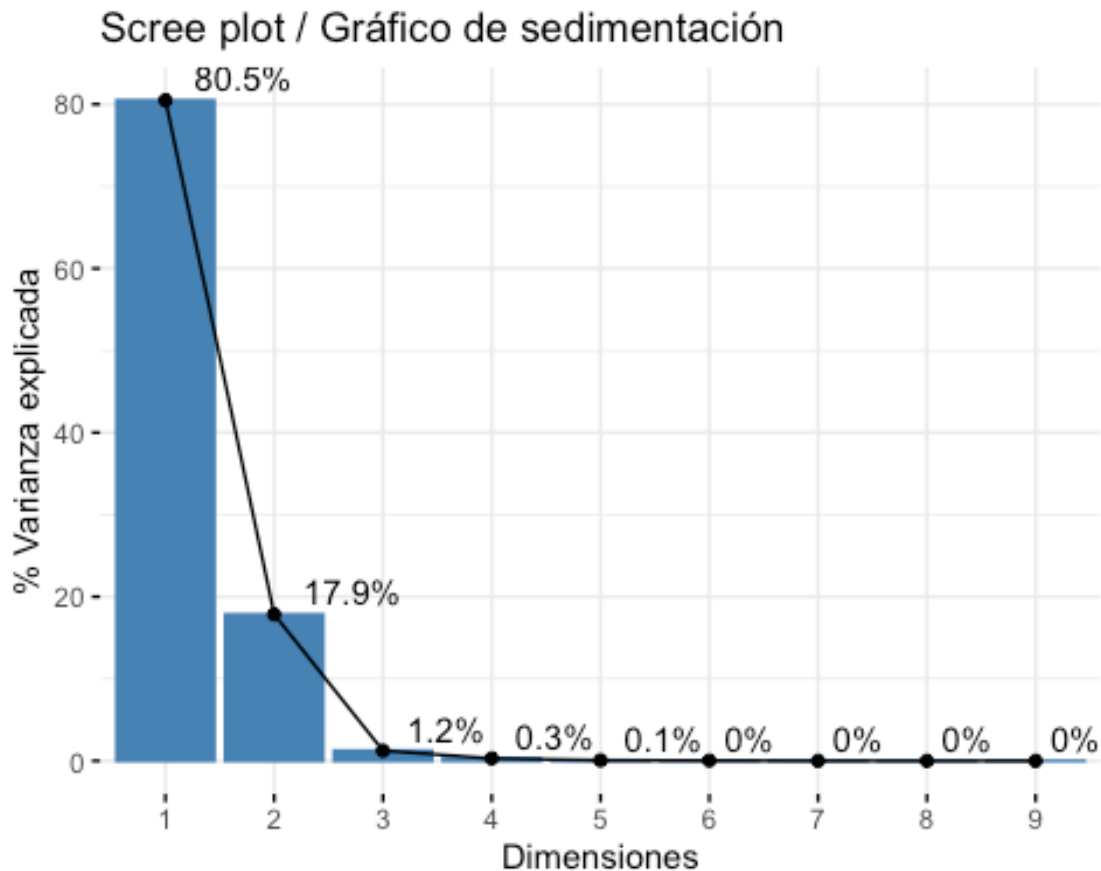


Este gráfico te muestra el porcentaje de varianza explicada por la primera (dim1), siendo de un 80.5% y por la segunda (dim2), siendo de un 17.9%.

Para extraer los resultados de las variables a partir de pca se utiliza la función `get_pca_var()`.

```
## Principal Component Analysis Results for variables
## =====
##   Name      Description
## 1 "$coord"   "Coordinates for the variables"
## 2 "$cor"     "Correlations between variables and dimensions"
## 3 "$cos2"    "Cos2 for the variables"
## 4 "$contrib" "contributions of the variables"
```

Elección de los componentes principales:



```
## List of 93
## $ line                               :List of 6
## ..$ colour                          : chr "black"
## ..$ size                            : num 0.5
## ..$ linetype                        : num 1
## ..$ lineend                        : chr "butt"
## ..$ arrow                          : logi FALSE
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_line" "element"
## $ rect                               :List of 5
## ..$ fill                            : chr "white"
## ..$ colour                          : chr "black"
## ..$ size                            : num 0.5
## ..$ linetype                        : num 1
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_rect" "element"
## $ text                              :List of 11
## ..$ family                          : chr ""
## ..$ face                            : chr "plain"
## ..$ colour                          : chr "black"
## ..$ size                            : num 11
```

```

## ..$ hjust      : num 0.5
## ..$ vjust      : num 0.5
## ..$ angle      : num 0
## ..$ lineheight : num 0.9
## ..$ margin     : 'margin' num [1:4] 0points 0points 0points
0points
## .. ..- attr(*, "unit")= int 8
## ..$ debug      : logi FALSE
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ title        : NULL
## $ aspect.ratio : NULL
## $ axis.title    : NULL
## $ axis.title.x  :List of 11
## ..$ family     : NULL
## ..$ face       : NULL
## ..$ colour     : NULL
## ..$ size       : NULL
## ..$ hjust      : NULL
## ..$ vjust      : num 1
## ..$ angle      : NULL
## ..$ lineheight : NULL
## ..$ margin     : 'margin' num [1:4] 2.75points 0points 0points
0points
## .. ..- attr(*, "unit")= int 8
## ..$ debug      : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ axis.title.x.top :List of 11
## ..$ family     : NULL
## ..$ face       : NULL
## ..$ colour     : NULL
## ..$ size       : NULL
## ..$ hjust      : NULL
## ..$ vjust      : num 0
## ..$ angle      : NULL
## ..$ lineheight : NULL
## ..$ margin     : 'margin' num [1:4] 0points 0points 2.75points
0points
## .. ..- attr(*, "unit")= int 8
## ..$ debug      : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ axis.title.x.bottom : NULL
## $ axis.title.y       :List of 11
## ..$ family     : NULL
## ..$ face       : NULL
## ..$ colour     : NULL
## ..$ size       : NULL
## ..$ hjust      : NULL

```



```

## ..$ vjust      : num 1
## ..$ angle      : num 90
## ..$ lineheight : NULL
## ..$ margin     : 'margin' num [1:4] 0points 2.75points 0points
0points
## .. ..- attr(*, "unit")= int 8
## ..$ debug      : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ axis.title.y.left      : NULL
## $ axis.title.y.right     :List of 11
## ..$ family           : NULL
## ..$ face             : NULL
## ..$ colour           : NULL
## ..$ size             : NULL
## ..$ hjust            : NULL
## ..$ vjust            : num 0
## ..$ angle            : num -90
## ..$ lineheight       : NULL
## ..$ margin           : 'margin' num [1:4] 0points 0points 0points
2.75points
## .. ..- attr(*, "unit")= int 8
## ..$ debug           : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ axis.text          :List of 11
## ..$ family          : NULL
## ..$ face            : NULL
## ..$ colour          : chr "grey30"
## ..$ size            : 'rel' num 0.8
## ..$ hjust           : NULL
## ..$ vjust           : NULL
## ..$ angle           : NULL
## ..$ lineheight      : NULL
## ..$ margin          : NULL
## ..$ debug           : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ axis.text.x        :List of 11
## ..$ family          : NULL
## ..$ face            : NULL
## ..$ colour          : NULL
## ..$ size            : NULL
## ..$ hjust           : NULL
## ..$ vjust           : num 1
## ..$ angle           : NULL
## ..$ lineheight      : NULL
## ..$ margin          : 'margin' num [1:4] 2.2points 0points 0points
0points
## .. ..- attr(*, "unit")= int 8

```

```

## ..$ debug      : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ axis.text.x.top      :List of 11
## ..$ family      : NULL
## ..$ face        : NULL
## ..$ colour      : NULL
## ..$ size        : NULL
## ..$ hjust       : NULL
## ..$ vjust       : num 0
## ..$ angle       : NULL
## ..$ lineheight   : NULL
## ..$ margin      : 'margin' num [1:4] 0points 0points 2.2points
0points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## ..$ debug      : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ axis.text.x.bottom   : NULL
## $ axis.text.y          :List of 11
## ..$ family          : NULL
## ..$ face            : NULL
## ..$ colour          : NULL
## ..$ size            : NULL
## ..$ hjust           : num 1
## ..$ vjust           : NULL
## ..$ angle           : NULL
## ..$ lineheight      : NULL
## ..$ margin          : 'margin' num [1:4] 0points 2.2points 0points
0points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## ..$ debug          : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ axis.text.y.left    : NULL
## $ axis.text.y.right   :List of 11
## ..$ family          : NULL
## ..$ face            : NULL
## ..$ colour          : NULL
## ..$ size            : NULL
## ..$ hjust           : num 0
## ..$ vjust           : NULL
## ..$ angle           : NULL
## ..$ lineheight      : NULL
## ..$ margin          : 'margin' num [1:4] 0points 0points 0points
2.2points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## ..$ debug          : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"

```

```

## $ axis.ticks          : list()
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_blank" "element"
## $ axis.ticks.x        : NULL
## $ axis.ticks.x.top    : NULL
## $ axis.ticks.x.bottom : NULL
## $ axis.ticks.y        : NULL
## $ axis.ticks.y.left   : NULL
## $ axis.ticks.y.right  : NULL
## $ axis.ticks.length   : 'simpleUnit' num 2.75points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## $ axis.ticks.length.x : NULL
## $ axis.ticks.length.x.top : NULL
## $ axis.ticks.length.x.bottom: NULL
## $ axis.ticks.length.y : NULL
## $ axis.ticks.length.y.left : NULL
## $ axis.ticks.length.y.right : NULL
## $ axis.line           : list()
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_blank" "element"
## $ axis.line.x         : NULL
## $ axis.line.x.top     : NULL
## $ axis.line.x.bottom  : NULL
## $ axis.line.y         : NULL
## $ axis.line.y.left    : NULL
## $ axis.line.y.right   : NULL
## $ legend.background   : list()
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_blank" "element"
## $ legend.margin       : 'margin' num [1:4] 5.5points 5.5points
5.5points 5.5points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## $ legend.spacing      : 'simpleUnit' num 11points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## $ legend.spacing.x    : NULL
## $ legend.spacing.y    : NULL
## $ legend.key          : list()
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_blank" "element"
## $ legend.key.size     : 'simpleUnit' num 1.2lines
## ..- attr(*, "unit")= int 3
## $ legend.key.height   : NULL
## $ legend.key.width    : NULL
## $ legend.text         :List of 11
## ..$ family           : NULL
## ..$ face              : NULL
## ..$ colour           : NULL
## ..$ size              : 'rel' num 0.8
## ..$ hjust             : NULL
## ..$ vjust             : NULL
## ..$ angle             : NULL
## ..$ lineheight        : NULL
## ..$ margin            : NULL
## ..$ debug             : NULL

```

```

## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ legend.text.align : NULL
## $ legend.title :List of 11
## ..$ family : NULL
## ..$ face : NULL
## ..$ colour : NULL
## ..$ size : NULL
## ..$ hjust : num 0
## ..$ vjust : NULL
## ..$ angle : NULL
## ..$ lineheight : NULL
## ..$ margin : NULL
## ..$ debug : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ legend.title.align : NULL
## $ legend.position : chr "right"
## $ legend.direction : NULL
## $ legend.justification : chr "center"
## $ legend.box : NULL
## $ legend.box.just : NULL
## $ legend.box.margin : 'margin' num [1:4] 0cm 0cm 0cm 0cm
## ..- attr(*, "unit")= int 1
## $ legend.box.background : list()
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_blank" "element"
## $ legend.box.spacing : 'simpleUnit' num 11points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## $ panel.background : list()
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_blank" "element"
## $ panel.border : list()
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_blank" "element"
## $ panel.spacing : 'simpleUnit' num 5.5points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## $ panel.spacing.x : NULL
## $ panel.spacing.y : NULL
## $ panel.grid :List of 6
## ..$ colour : chr "grey92"
## ..$ size : NULL
## ..$ linetype : NULL
## ..$ lineend : NULL
## ..$ arrow : logi FALSE
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_line" "element"
## $ panel.grid.major : NULL
## $ panel.grid.minor :List of 6
## ..$ colour : NULL
## ..$ size : 'rel' num 0.5
## ..$ linetype : NULL
## ..$ lineend : NULL

```

```

## ..$ arrow      : logi FALSE
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_line" "element"
## $ panel.grid.major.x      : NULL
## $ panel.grid.major.y      : NULL
## $ panel.grid.minor.x      : NULL
## $ panel.grid.minor.y      : NULL
## $ panel.ontop              : logi FALSE
## $ plot.background         : list()
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_blank" "element"
## $ plot.title               :List of 11
## ..$ family             : NULL
## ..$ face                : NULL
## ..$ colour              : NULL
## ..$ size                : 'rel' num 1.2
## ..$ hjust               : num 0
## ..$ vjust               : num 1
## ..$ angle               : NULL
## ..$ lineheight          : NULL
## ..$ margin              : 'margin' num [1:4] 0points 0points 5.5points
0points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## ..$ debug               : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ plot.title.position     : chr "panel"
## $ plot.subtitle           :List of 11
## ..$ family             : NULL
## ..$ face                : NULL
## ..$ colour              : NULL
## ..$ size                : NULL
## ..$ hjust               : num 0
## ..$ vjust               : num 1
## ..$ angle               : NULL
## ..$ lineheight          : NULL
## ..$ margin              : 'margin' num [1:4] 0points 0points 5.5points
0points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## ..$ debug               : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ plot.caption           :List of 11
## ..$ family             : NULL
## ..$ face                : NULL
## ..$ colour              : NULL
## ..$ size                : 'rel' num 0.8
## ..$ hjust               : num 1
## ..$ vjust               : num 1
## ..$ angle               : NULL
## ..$ lineheight          : NULL

```

```

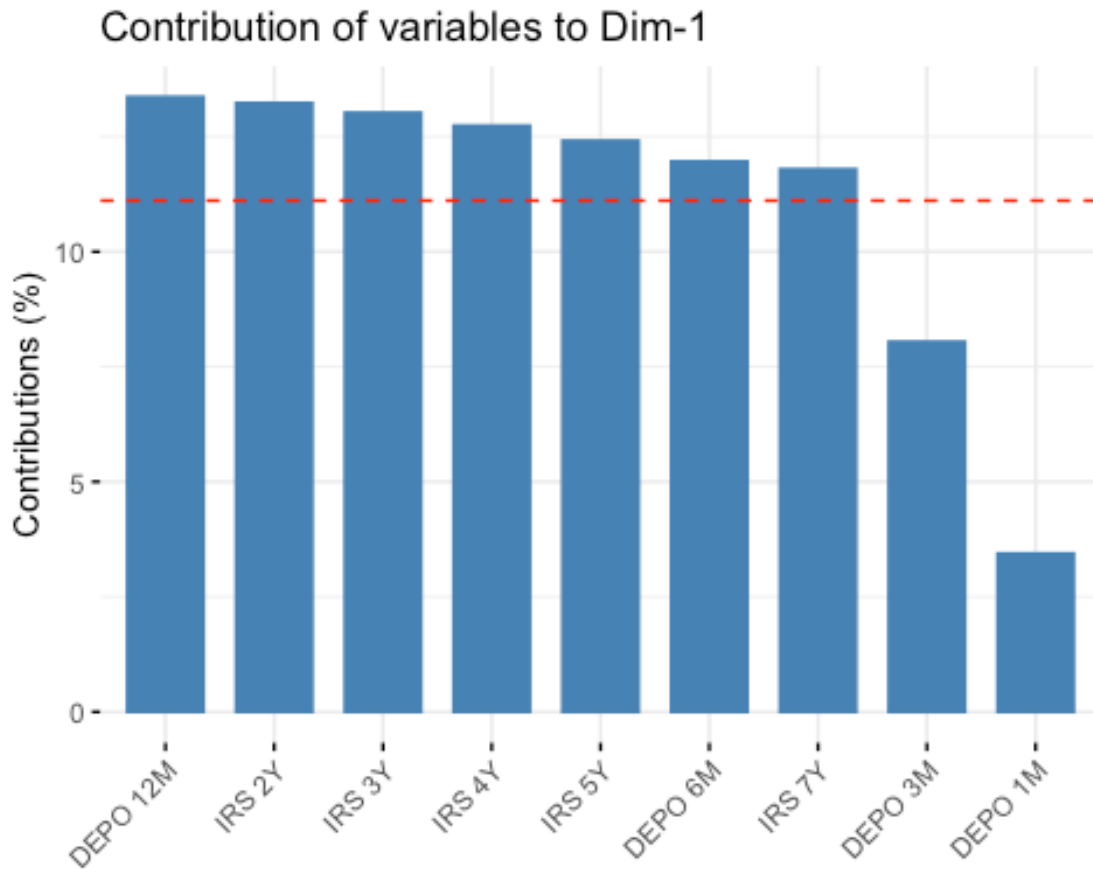
## ..$ margin      : 'margin' num [1:4] 5.5points 0points 0points
0points
## .. ..- attr(*, "unit")= int 8
## ..$ debug       : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ plot.caption.position : chr "panel"
## $ plot.tag         :List of 11
## ..$ family       : NULL
## ..$ face         : NULL
## ..$ colour       : NULL
## ..$ size         : 'rel' num 1.2
## ..$ hjust        : num 0.5
## ..$ vjust        : num 0.5
## ..$ angle        : NULL
## ..$ lineheight   : NULL
## ..$ margin       : NULL
## ..$ debug        : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ plot.tag.position : chr "topleft"
## $ plot.margin      : 'margin' num [1:4] 5.5points 5.5points
5.5points 5.5points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## $ strip.background : list()
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_blank" "element"
## $ strip.background.x : NULL
## $ strip.background.y : NULL
## $ strip.placement    : chr "inside"
## $ strip.text         :List of 11
## ..$ family          : NULL
## ..$ face            : NULL
## ..$ colour          : chr "grey10"
## ..$ size            : 'rel' num 0.8
## ..$ hjust           : NULL
## ..$ vjust           : NULL
## ..$ angle           : NULL
## ..$ lineheight      : NULL
## ..$ margin          : 'margin' num [1:4] 4.4points 4.4points 4.4points
4.4points
## .. ..- attr(*, "unit")= int 8
## ..$ debug          : NULL
## ..$ inherit.blank  : logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ strip.text.x      : NULL
## $ strip.text.y      :List of 11
## ..$ family         : NULL
## ..$ face           : NULL
## ..$ colour         : NULL
## ..$ size           : NULL

```

```

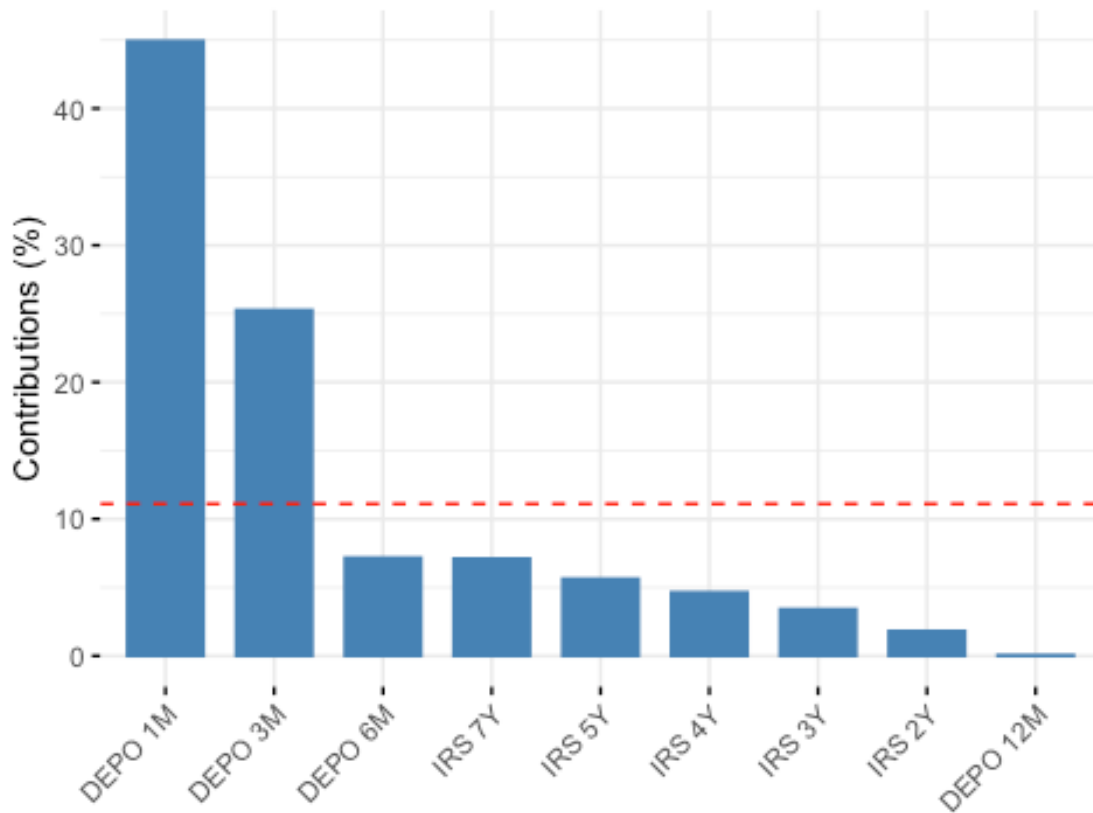
## ..$ hjust      : NULL
## ..$ vjust      : NULL
## ..$ angle      : num -90
## ..$ lineheight : NULL
## ..$ margin     : NULL
## ..$ debug      : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## $ strip.switch.pad.grid : 'simpleUnit' num 2.75points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## $ strip.switch.pad.wrap : 'simpleUnit' num 2.75points
## ..- attr(*, "unit")= int 8
## $ strip.text.y.left     :List of 11
## ..$ family          : NULL
## ..$ face             : NULL
## ..$ colour          : NULL
## ..$ size             : NULL
## ..$ hjust            : NULL
## ..$ vjust            : NULL
## ..$ angle            : num 90
## ..$ lineheight      : NULL
## ..$ margin          : NULL
## ..$ debug           : NULL
## ..$ inherit.blank: logi TRUE
## ..- attr(*, "class")= chr [1:2] "element_text" "element"
## - attr(*, "class")= chr [1:2] "theme" "gg"
## - attr(*, "complete")= logi TRUE
## - attr(*, "validate")= logi TRUE

```



La línea roja discontinua indica el valor medio de contribución. Para una determinada componente, una variable con una contribución mayor a este límite puede considerarse importante a la hora de contribuir a esta componente. En la representación anterior, el DEPO 12M es el que más contribuye a la PC1.

Contribuciones a la Dim 2



Realización de los componentes

```
## Principal Components Analysis
## Call: principal(r = TIUSD.act, nfactors = 2, rotate = "varimax")
## Standardized loadings (pattern matrix) based upon correlation matrix
##
```

	RC1	RC2	h2	u2	com
DEPO 1M	0.05	0.98	0.97	0.0305	1.0
DEPO 3M	0.36	0.93	0.99	0.0083	1.3
DEPO 6M	0.65	0.74	0.98	0.0195	2.0
DEPO 12M	0.85	0.49	0.97	0.0324	1.6
IRS 2Y	0.94	0.32	0.99	0.0121	1.2
IRS 3Y	0.96	0.26	1.00	0.0018	1.1
IRS 4Y	0.97	0.22	1.00	0.0028	1.1
IRS 5Y	0.98	0.19	0.99	0.0112	1.1
IRS 7Y	0.97	0.15	0.97	0.0331	1.0

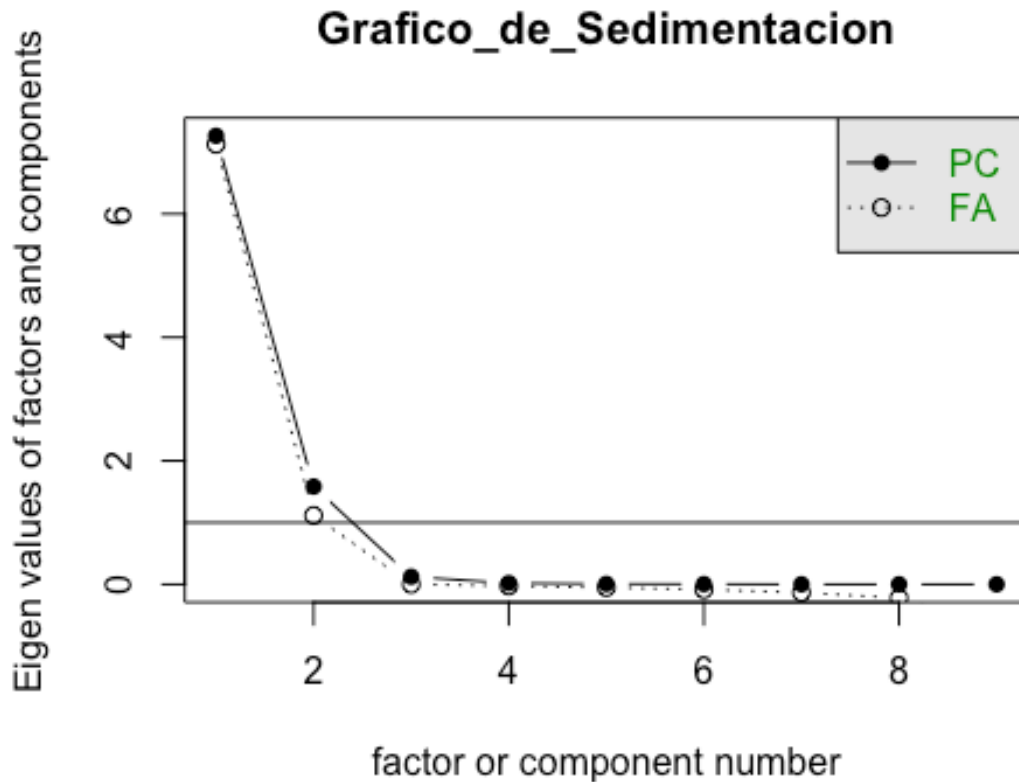
```
##
##
```

	RC1	RC2
SS loadings	5.94	2.91
Proportion Var	0.66	0.32
Cumulative Var	0.66	0.98
Proportion Explained	0.67	0.33
Cumulative Proportion	0.67	1.00

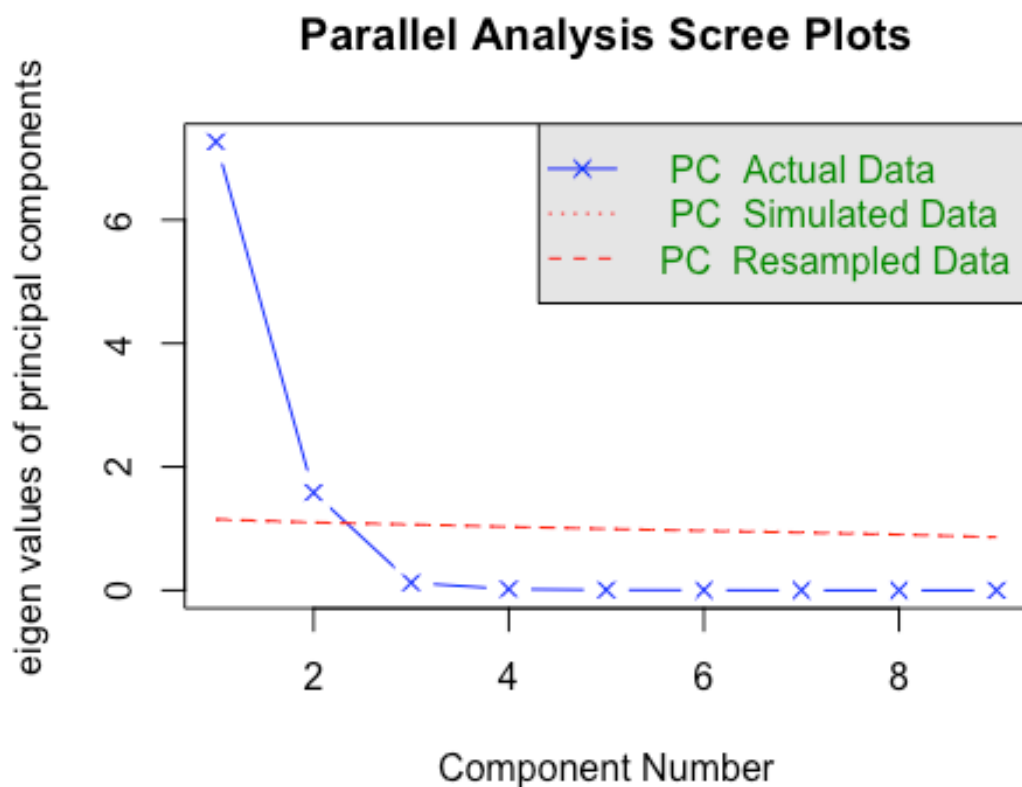
```
##
## Mean item complexity = 1.3
```

```
## Test of the hypothesis that 2 components are sufficient.  
##  
## The root mean square of the residuals (RMSR) is  0.01  
## with the empirical chi square  11  with prob <  0.92  
##  
## Fit based upon off diagonal values = 1
```

Gráfico de Sedimentación:



El gráfico de Sedimentación nos muestra la cantidad óptima de componentes a tomar en cuenta en la base de datos, siendo los valores que se encuentran por encima de la línea de 1.0 los más aceptables. Según el gráfico de sedimentación, lo óptimo sería realizar 2 componentes, puesto que este valor se encuentra por encima de la línea aceptable de la grafica.



```
## Parallel analysis suggests that the number of factors = NA and the
number of components = 2
```

Mediante el análisis paralelo se puede observar que el número de componentes debería ser 2.

Rotación Varimax

Varimax trata de facilitar la interpretabilidad de los factores. Primero he realizado factores sobre mi base de datos y no he realizado ninguna rotación.

```
##
## Call:
## factanal(x = TIUSD.act, factors = 2, rotation = "none")
##
## Uniquenesses:
## DEPO 1M DEPO 3M DEPO 6M DEPO 12M IRS 2Y IRS 3Y IRS 4Y IRS
5Y
## 0.114 0.022 0.005 0.015 0.008 0.005 0.005
0.005
## IRS 7Y
## 0.014
##
```

```
## Loadings:
##           Factor1 Factor2
## DEPO 1M    0.416   0.844
## DEPO 3M    0.677   0.721
## DEPO 6M    0.892   0.446
## DEPO 12M   0.982   0.143
## IRS 2Y     0.994
## IRS 3Y     0.991  -0.120
## IRS 4Y     0.987  -0.159
## IRS 5Y     0.980  -0.188
## IRS 7Y     0.966  -0.230
##
##           Factor1 Factor2
## SS loadings      7.232   1.583
## Proportion Var   0.804   0.176
## Cumulative Var   0.804   0.979
##
## Test of the hypothesis that 2 factors are sufficient.
## The chi square statistic is 8211.29 on 19 degrees of freedom.
## The p-value is 0
```

A continuación he realizado lo mismo, pero esta vez haciendo rotación de tipo varimax. Se puede observar que los coeficientes de los factores han cambiado. Por otro lado, la varianza explicada acumulada se mantiene igual (97.9%).

La varianza explicada por el primer factor, 80.4% ha descendido al 65.9%, por lo que ya no se orientan en las direcciones de máxima variación.

Con este análisis se puede concluir que puede hacerse rotación varimax ya que no varía el porcentaje que se explica de varianza de factores tanto rotados como no rotados, sin embargo, puede desvirtuar la elección del número de factores.

```
## $loadings
##
## Loadings:
##           Factor1 Factor2
## DEPO 1M           0.940
## DEPO 3M   0.346   0.927
## DEPO 6M   0.650   0.757
## DEPO 12M  0.851   0.511
## IRS 2Y    0.940   0.330
## IRS 3Y    0.961   0.273
## IRS 4Y    0.971   0.235
## IRS 5Y    0.976   0.206
## IRS 7Y    0.980   0.162
##
##           Factor1 Factor2
## SS loadings      5.932   2.883
## Proportion Var   0.659   0.320
## Cumulative Var   0.659   0.979
```

```
##
## $rotmat
##      [,1]      [,2]
## [1,]  0.9221881 0.3867416
## [2,] -0.3867416 0.9221881
```

Predicción

Primero voy a ajustar el modelo incluyendo todas las longitudes de onda con los predictores.

```
##
## Call:
## lm(formula = `IRS 10Y` ~ ., data = training)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.048816 -0.010498 -0.000846  0.009210  0.197184
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) -0.16207    0.01646  -9.844 < 2e-16 ***
## `DEPO 1M`    -0.01368    0.01012  -1.353 0.176432
## `DEPO 3M`     0.03941    0.02002   1.968 0.049312 *
## `DEPO 6M`     0.08682    0.02472   3.512 0.000467 ***
## `DEPO 12M`   -0.04875    0.01732  -2.814 0.004993 **
## `IRS 2Y`     -0.08162    0.05203  -1.569 0.117055
## `IRS 3Y`     -0.37479    0.09067  -4.133 3.9e-05 ***
## `IRS 4Y`      0.04805    0.08778   0.547 0.584258
## `IRS 5Y`     -0.08689    0.07431  -1.169 0.242590
## `IRS 7Y`      1.46397    0.03543  41.317 < 2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.01691 on 939 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.999, Adjusted R-squared:  0.999
## F-statistic: 1.039e+05 on 9 and 939 DF, p-value: < 2.2e-16
```

El valor r ajustado obtenido es muy alto, siendo de un 99.9%, lo cual indica que el modelo es capaz de predecir con gran exactitud el contenido de las observaciones con las que se ha entrenado. El p-value es $< 2.2e-16$, lo cual muestra que el modelo en su conjunto es significativo, pero muy pocos de los predictores lo son a nivel individual, lo cual nos muestra que puede haber colinealidad.

Se utiliza el Mean Square Error para saber cómo de bueno es el modelo prediciendo nuevas observaciones que no han participado en el ajuste.

```
## [1] 0.0002827723
```

Tiene un MSE muy bajo, de 0.32. Para poder analizarlo mejor voy a calcular el MSE del modelo cuando se emplean nuevas observaciones.

```
## [1] 0.0002411214
```

```
## [1] 8
```

```
## [1] 0.0002361276
```

El número óptimo de componentes principales identificado por CV es de 8. Empleándolo en la PCR se consigue reducir el test-MSE a 0.00023, un valor muy por debajo del conseguido con los otros modelos.

Conclusiones

Con los análisis que se han llevado a cabo se puede responder a las cuestiones definidas en la introducción. Fijándonos en la matriz de correlación se puede observar que hay una alta correlación entre las variables, sin embargo no es razón suficiente para determinar si es necesario o no hacer un análisis de componentes principales, por lo que para ello, se ha seguido con la prueba de esfericidad de Barlett con la cual se rechaza la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones es una matriz identidad. A su vez, se ha realizado un test KMO el cual nos muestra que el MSA es de 0.87, indicando el sentido que tiene hacer el análisis PCA.

Por otro lado, la gráfica de sedimentación muestra que el número óptimo de componentes que permiten explicar adecuadamente la estructura subyacente de los tipos de interés analizados es de dos, ya que este valor se encuentra por encima de la línea aceptable de la gráfica.

Por último, se ha llevado a cabo un análisis Varimax el cual nos indica que se hace esta rotación ya que no varía el porcentaje que se explica de varianza de factores tanto rotados como no rotados, sin embargo, puede desvirtuar la elección del número de factores.

Realizando la predicción de la variable suplementaria se muestra que el modelo en su conjunto es significativo, pero muy pocos de los predictores lo son a nivel individual, lo cual nos muestra que puede haber colinealidad. Empleando el número óptimo de componentes principales en la PCR, se consigue reducir el test-MSE pero a un valor muy por debajo del conseguido con los otros modelos.

Anexo

Enlace a mi github con el rmarkdown de la práctica incluido en la carpeta 'ACPTIUSD' en el repositorio 'Técnicas-de-agrupacion'.

<https://github.com/andrea jimzu/Técnicas-de-agrupacion.git>

Bibliografía

Bellosta, G. C. J. (2014, 2 abril). Varimax: lo que se gana, lo que se pierde – datanalytics. Data Analytics. <https://www.datanalytics.com/2014/04/02/varimax-lo-que-se-gana-lo-que-se-pierde/>

Rodrigo, J. A. (s. f.-a). Análisis de Componentes Principales (Principal Component Analysis, PCA) y t-SNE. Ciencia de Datos. https://www.cienciadedatos.net/documentos/35_principal_component_analysis#Ejemplo_c%C3%A1culo_directo_de_PCA_con_R

Rodrigo, J. A. (s. f.-b). Análisis de Componentes Principales (Principal Component Analysis, PCA) y t-SNE. Ciencia de datos. https://www.cienciadedatos.net/documentos/35_principal_component_analysis#PLS:_PCA_aplicado_a_regresi%C3%B3n_lineal

RPubs - Análisis de componentes principales (ACP). (2019). RPubs. <https://rpubs.com/Csanchez15/551258>

ACP_practica1

Práctica empezada en clase de TIUSD.