FACULTAD DE
PSICOLOGÍA Y LOGOPEDIA
Universidad de Málaga

Universidad de Valladolid

MÁSTER OFICIAL INVESTIGACIÓN EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

Análisis de la Varianza II

Jairo Rodríguez-Medina Universidad de Valladolid

jairo.rodriguez.medina@uva.es

Málaga 4 y 5 de noviembre de 2026

Estructura de la sesión

I. Introducción

1.1 Diseños factoriales

II. Cálculo de ANOVA Factorial

III. Soluciones a problemas comunes

1.1 Diseños Factoriales

- Cuando se combinan dos o más factores de tratamiento o clasificación:

ANOVA FACTORIAL

- Permite evaluar tanto el efecto individual de cada uno de los factores:

EFECTOS PRINCIPALES

- Como el efecto conjunto de dos o más factores:

EFECTOS INTERACTIVOS

- Efectos Interactivos de Primer Orden: Implican dos factores
- Efectos Interactivos de Segundo Orden: Implican tres factores

1.1 Diseños Factoriales

- Estos diseños pueden ser:
  - Entre grupos
  - De medidas repetidas
  - Mixtos

- Entre grupos:
  - varias variables independientes
  - medidas con distintos grupos

- De medidas repetidas:
  - varias variables independientes
  - medidas con el mismo grupo

- Mixtos:
  - varias variables independientes
  - unas medidas con el mismo grupo y otra con distintos grupos

1.1 Diseños Factoriales

- Modelos de Clasificación Cruzada:
    - Se observan todas las combinaciones de tratamientos
    - Si incluye un efecto de interacción se trata de un Modelo Interactivo (o Modelo no Aditivo)
    - Si no lo incluye se trata de un Modelo Aditivo

Con dos factores tendremos dos efectos principales y un componente de interacción (A x B)

- Se diferencian por el número de tratamientos de cada factor
- Un modelo ANOVA con dos factores tiene a x b combinaciones

1.1 Diseños Factoriales

- Entre grupos:
  - varias variables independientes
  - medidas con distintos grupos

Entre Sujetos

	Deporte					
	Atletismo			Ciclismo		
	Complemento Alimenticio			Complemento Alimenticio		
Sexo	A	B	C	A	B	C
Fem						
Mas						

2 x 2 x 3

- De medidas repetidas:
  - varias variables independientes
  - medidas con el mismo grupo

Intra Sujetos

Deporte					
Baloncesto (Precisión de lanzamiento a canasta)					
Antes del Entrenamiento			Después del entrenamiento		
Pos. A	Pos. B	Pos. C	Pos. A	Pos. B	Pos. C

2 x 3

- Mixtos:
  - varias variables independientes
  - unas medidas con el mismo grupo y otra con distintos grupos

	Deporte					
	Atletismo					
	Antes			Después		
Sexo	-	-	-	A	B	C
Fem						
Mas						

2 x 3

1.1 Diseños Factoriales

En este caso tenemos **tres factores**: Sexo (con 2 niveles), Deporte (con 2 niveles) y Complemento Alimenticio (con 3 niveles)
2 x 2 x 3 = 12 celdas

Factor

Factor →

Factor →

	Deporte					
	Atletismo			Ciclismo		
	Complemento Alimenticio			Complemento Alimenticio		
Sexo	A	B	C	A	B	C
Fem						
Mas						

1.1 Diseños Factoriales

ANOVA de dos Factores

En el modelo ANOVA de 2 factores (A y B) la SC_M se descompone en:

- Suma de Cuadrados del efecto principal de A
- Suma de Cuadrados del efecto principal de B
- Suma de Cuadrados del efecto interactivo entre A y B

Las razones F se obtienen dividiendo los Cuadrados Medios del Factor por los Residuales:

$$F_A = \frac{MC_A}{MC_R} \; ; \; F_B = \frac{MC_B}{MC_R} \; ; \; F_{AB} = \frac{MC_{AB}}{MC_R}$$

Este sería un modelo Interactivo o No Aditivo porque incluye tanto los efectos principales como los interactivos

1.1 Diseños Factoriales

Concepto de Interacción

- La interacción se refiere al efecto que produce la combinación de los dos factores
- El efecto que tiene un factor sobre la variable de respuesta depende del otro factor
- Un error grave consiste en interpretar los efectos principales en presencia de un efecto de interacción (Principio de Marginalidad) (Nelder, 1977)
- Un modelo que incluye una interacción significativa debe contener también los efectos principales, pero solo debe interpretarse la interacción
- Si la interacción no es significativa entonces hay que especificar un modelo aditivo

1.1 Diseños Factoriales

Ejemplo

Ejercicio 6. Calcular las sumas de cuadrados con los siguientes datos

Alcohol	**Nada**		**2 Cervezas**		**4 Cervezas**	
Sexo	**F**	**M**	**F**	**M**	**F**	**M**
Y_1	65	50	70	45	55	30
Y_2	70	55	65	60	65	30
Y_3	60	80	60	85	70	30
Y_4	60	65	70	65	55	55
Y_5	60	70	65	70	55	35
Y_6	55	75	60	70	60	20
Y_7	60	75	60	80	50	45
Y_8	55	65	50	60	50	40
Total	485	535	500	535	460	285
Medias	60,625	66,875	62,5	66,875	57,5	35,625
Varianzas	24,55	106,70	42,86	156,70	50,00	117,41
Media Total	58,33					
Varianza Total	190,78					
SS_T	8966,67					

Básicamente es el mismo proceso que el ANOVA de 1 vía

En este caso se divide la suma de cuadrados del modelo en tres partes:

- Suma de Cuadrados del Factor A
- Suma de Cuadrados del Factor B
- Suma de Cuadrados de la Interacción

II. Cálculo de ANOVA de 2 Factores con R y SPSS

R



Utilizaremos R-Studio

Paquetes para ANOVA Factorial:

```
library(compute.es)
library(car)
library(ggplot2)
library(multcomp)
library(pastecs)
library(reshape)
library(WRS)
```

Instalación de los paquetes:

```
install.packages("compute.es")
install.packages("car")
install.packages("ggplot2")
install. packages("multcomp")
install.packages("pastecs")
install. packages("reshape")
install. packages("WRS",
repos="http://R-Forge.R-project.org")
```

II. Cálculo de ANOVA de 2 Factores con R y SPSS

R

Procedimiento general

1º Instalar los paquetes necesarios

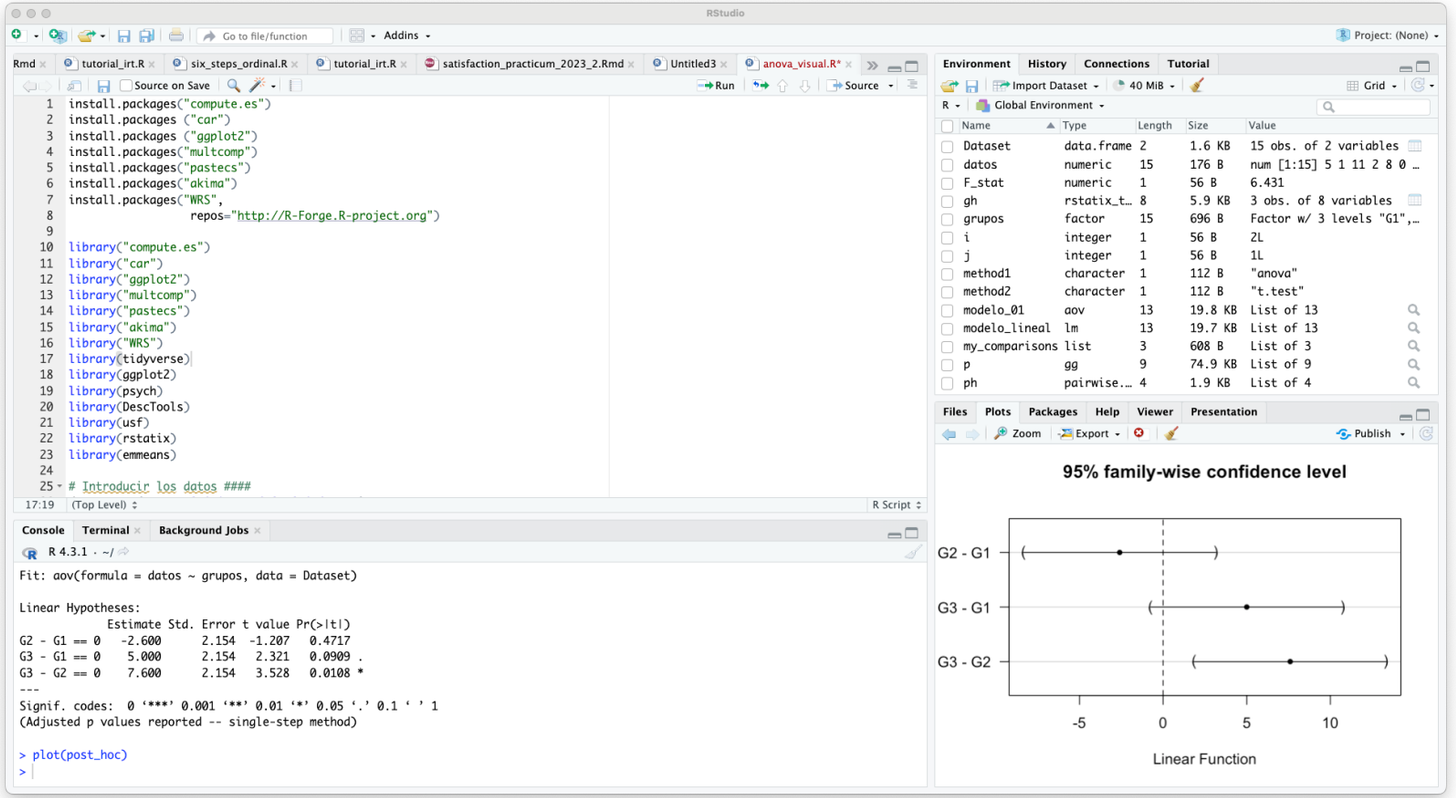
2º Cargar los paquetes

3º Introducir los datos

4º Explorar el conjunto de datos

5º Análisis de la Varianza

6º Calcular los contrastes post hoc



II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

Procedimiento general

1º Instalar los paquetes necesarios

2º Cargar los paquetes

```
install.packages("compute.es")
install.packages ("car")
install.packages ("ggplot2")
install.packages("multcomp")
install.packages("pastecs")
install.packages("akima")
install.packages("WRS", repos="http://R-Forge.R-project.org")
install. packages("reshape")
library("compute.es")
library("car")
library("ggplot2")
library("multcomp")
library("pastecs")
library("akima")
library("WRS")
library("reshape")
```

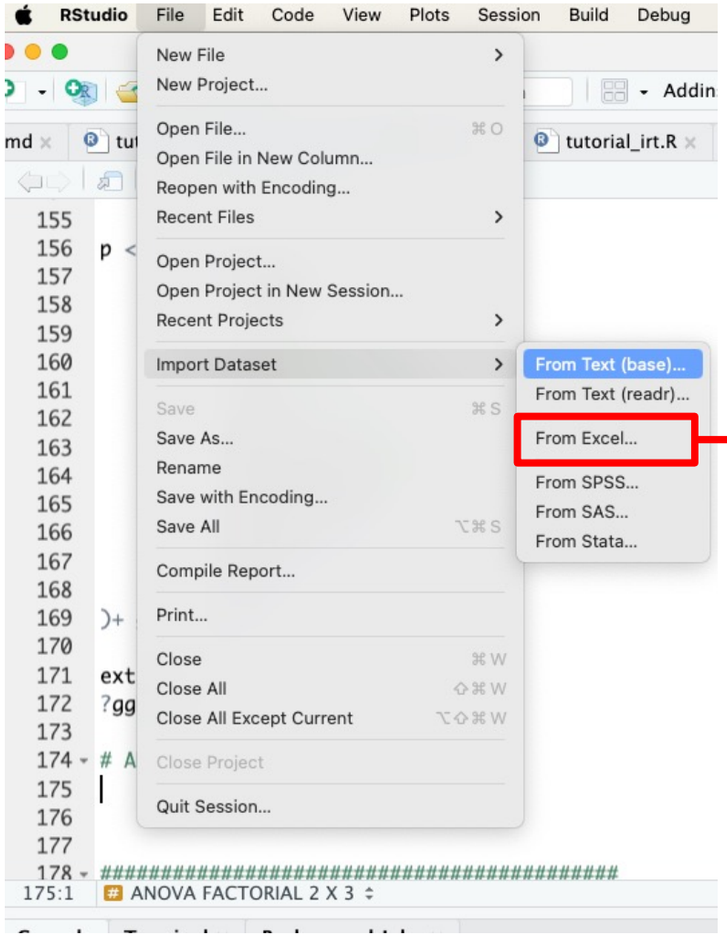
```
install.packages("compute.es")
install.packages ("car")
install.packages ("ggplot2")
install.packages("multcomp")
install.packages("pastecs")
install.packages("akima")
install.packages("WRS",
    repos="http://R-Forge.R-project.org")

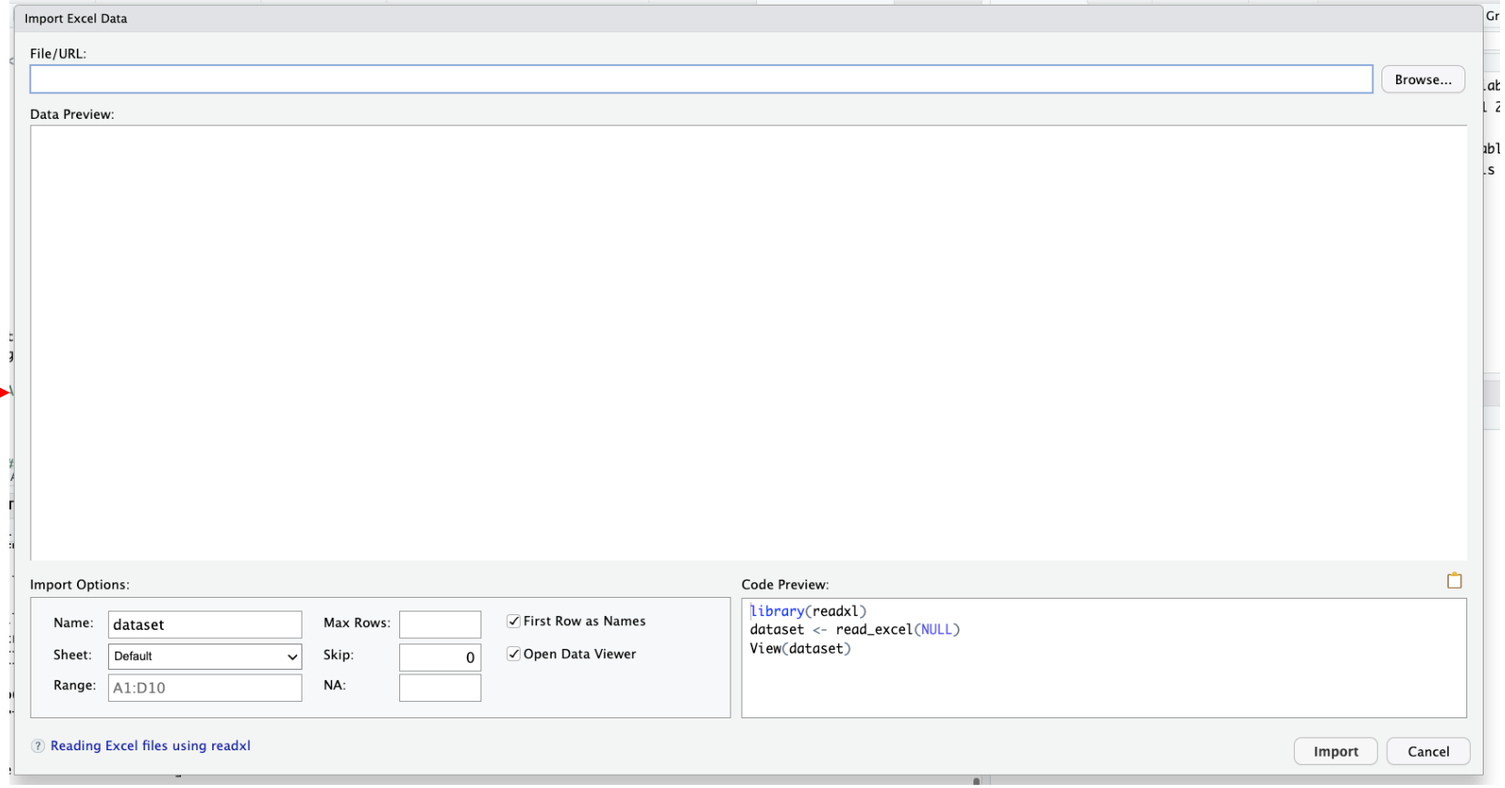
library("compute.es")
library("car")
library("ggplot2")
library("multcomp")
library("pastecs")
library("akima")
library("WRS")
```

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

3º Introducir los datos (1)

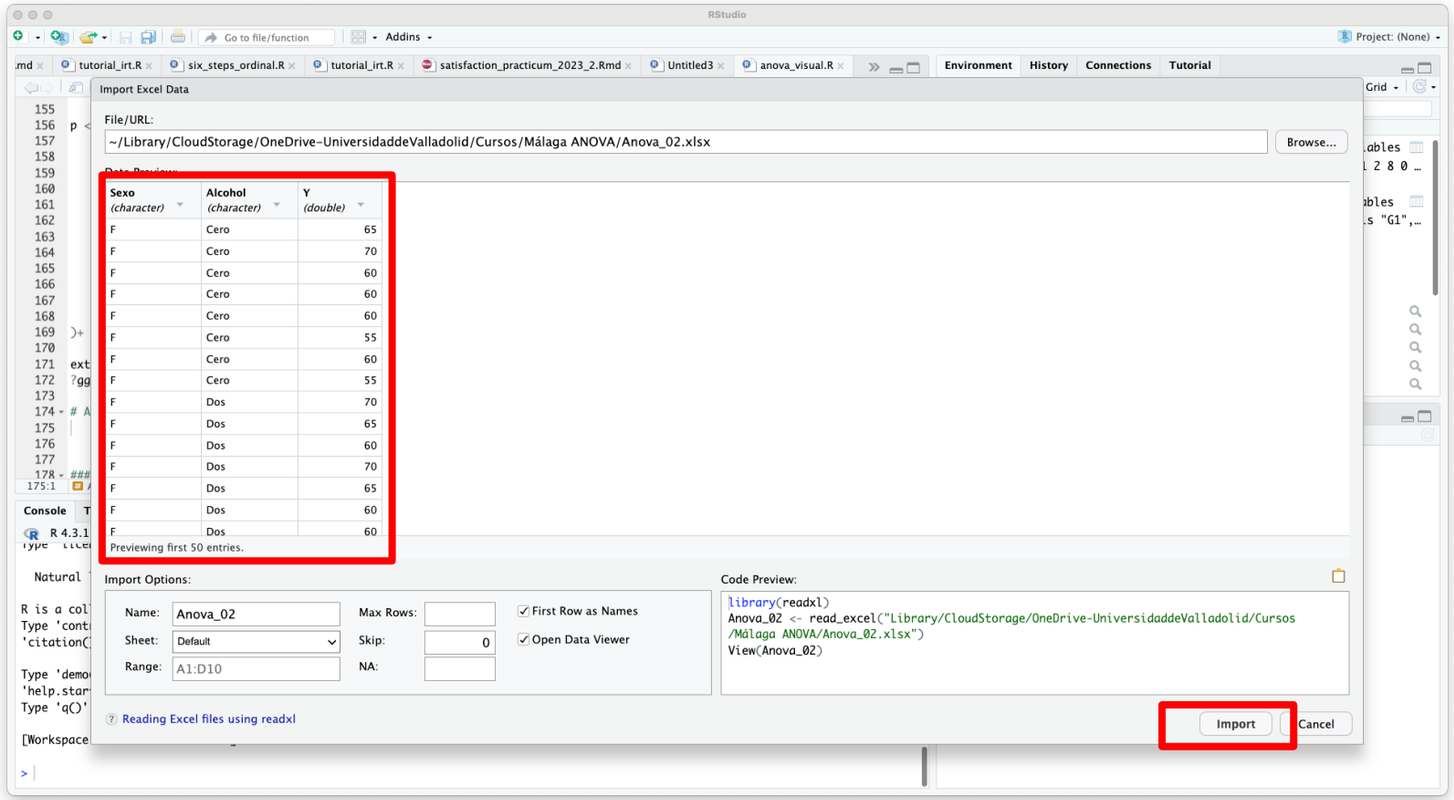




II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

3º Introducir los datos (2)



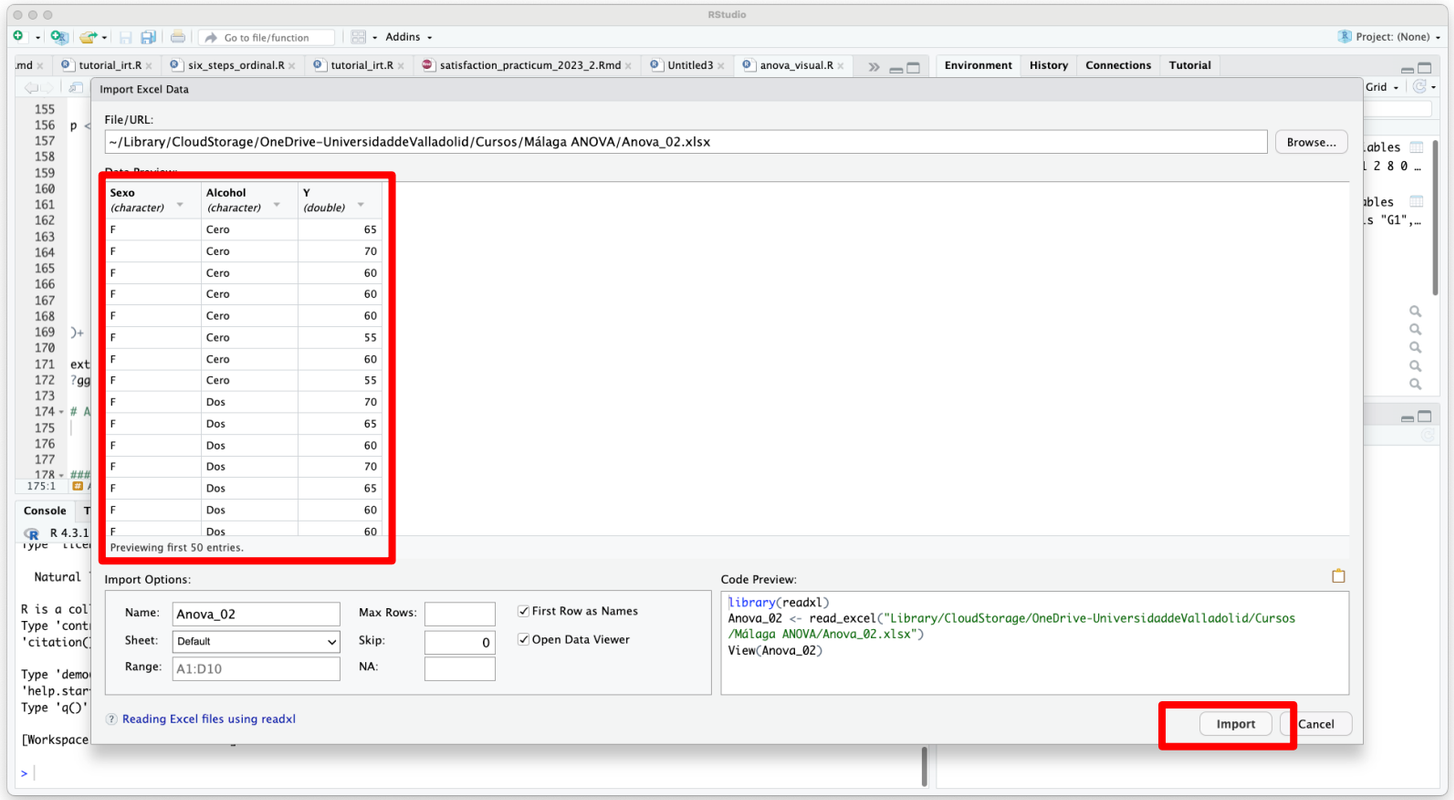

```
> Anova_02
# A tibble: 48 × 3
   Sexo  Alcohol     Y
   <chr> <chr>   <dbl>
 1 F     Cero       65
 2 F     Cero       70
 3 F     Cero       60
 4 F     Cero       60
 5 F     Cero       60
 6 F     Cero       55
 7 F     Cero       60
 8 F     Cero       55
 9 F     Dos        70
10 F     Dos        65
# ℹ 38 more rows
```

```
Anova_02 <- read_excel("Library/Anova_02.xlsx")
```

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

3º Introducir los datos (3)




```
> Anova_02
# A tibble: 48 × 3
   Sexo  Alcohol     Y
   <chr> <chr>   <dbl>
 1 F     Cero       65
 2 F     Cero       70
 3 F     Cero       60
 4 F     Cero       60
 5 F     Cero       60
 6 F     Cero       55
 7 F     Cero       60
 8 F     Cero       55
 9 F     Dos        70
10 F     Dos        65
# ℹ 38 more rows
```

```
Anova_02 <- read_excel("Library/Anova_02.xlsx")
```

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

3º Introducir los datos (4)

```
# Importar los datos ####
Anova_02 <- read_excel("Library/Cursos/MálagaANOVA/Anova_02.xlsx")

# ordenar los niveles de las variables ####
Anova_02$Alcohol<-factor(Anova_02$Alcohol, levels = c("Cero", "Dos", "Cuatro"))
```

```
# ANOVA FACTORIAL 2 X 3 ####

# Importar los datos ####
Anova_02 <- read_excel("Library/CloudStorage/OneDrive-UniversidaddeValladolid/Cursos/Málaga ANOVA/Anova_02.xlsx")

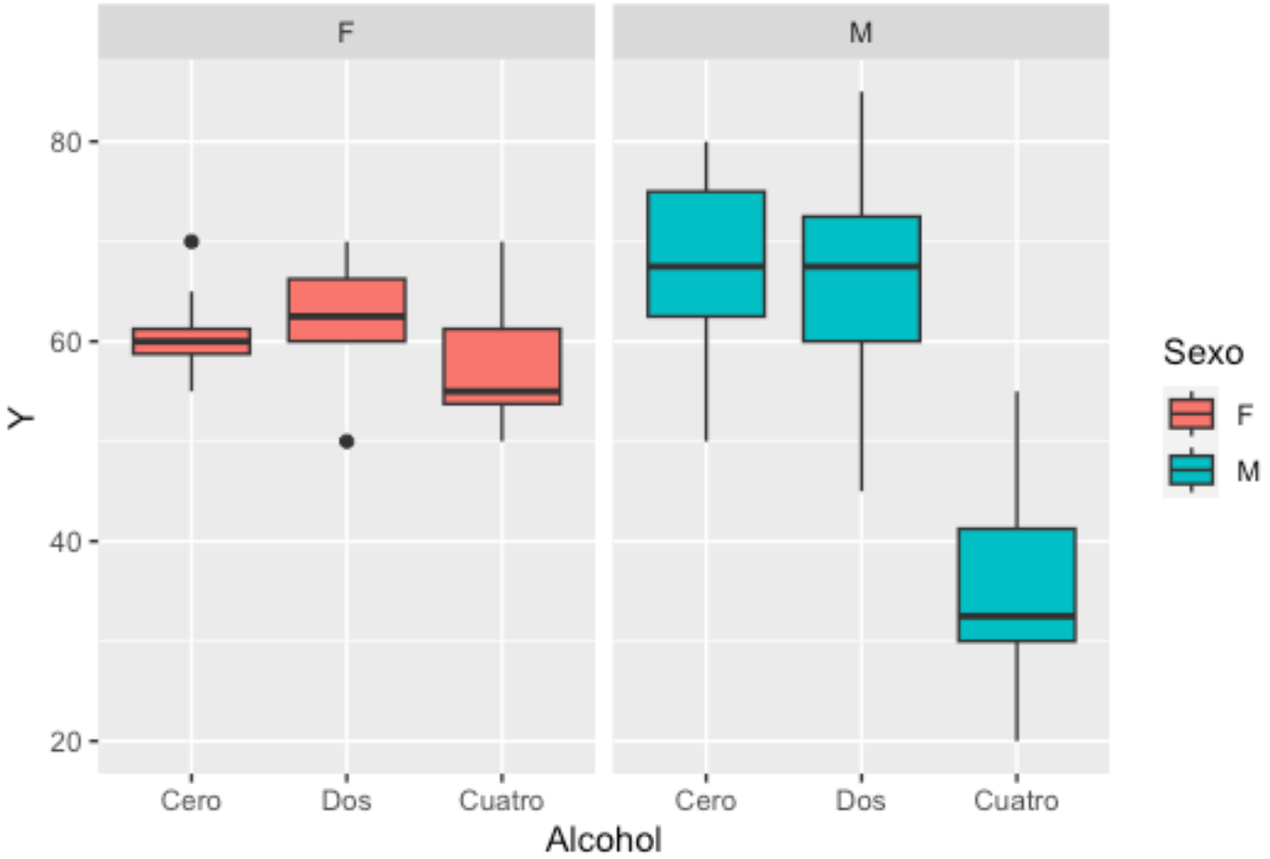
# ordenar los niveles de las variables ####
Anova_02$Alcohol<-factor(Anova_02$Alcohol, levels = c("Cero", "Dos", "Cuatro"))
```

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

4º Explorar el conjunto de datos (1)

```
# Explorar los datos visualmente
ggplot(Anova_02, aes(x=Alcohol , y=Y,
                     fill=Sexo)) +
                     geom_boxplot() +
                     facet_wrap(~Sexo)
```



II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

4º Explorar el conjunto de datos (2)

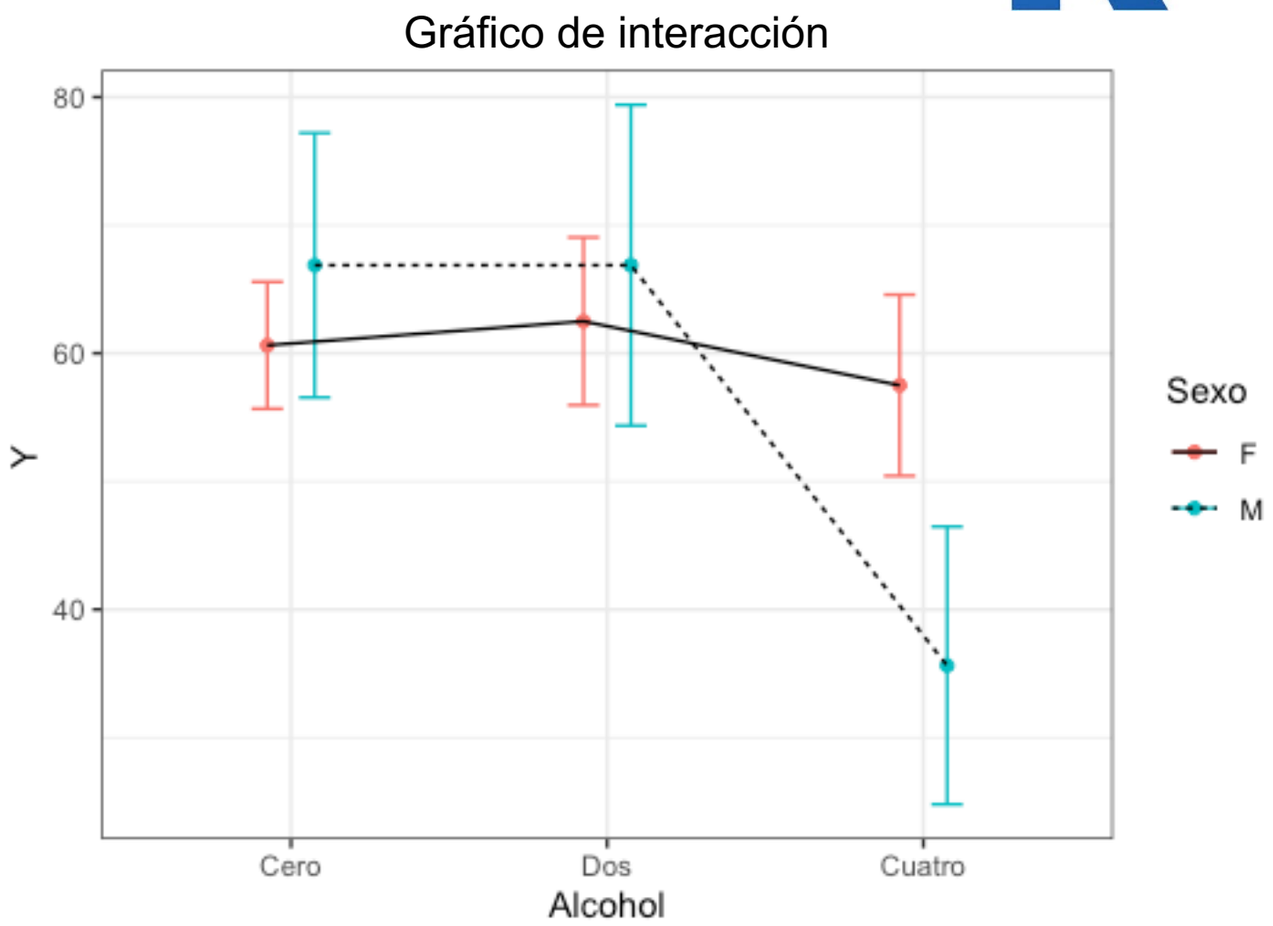
```
# Hacer un análisis descriptivo ####
by(Dataset$datos, Dataset$grupos, stat.desc)
describeBy(Dataset, Dataset$grupos)

# Hacer un resumen de los estadísticos descriptivos ####

library(dplyr)

resumen <- Anova_02 %>%
        group_by(Sexo, Alcohol) %>%
        summarise(
                sd = sd(Y, na.rm = TRUE),
                Y = mean(Y)
        )

resumen
```



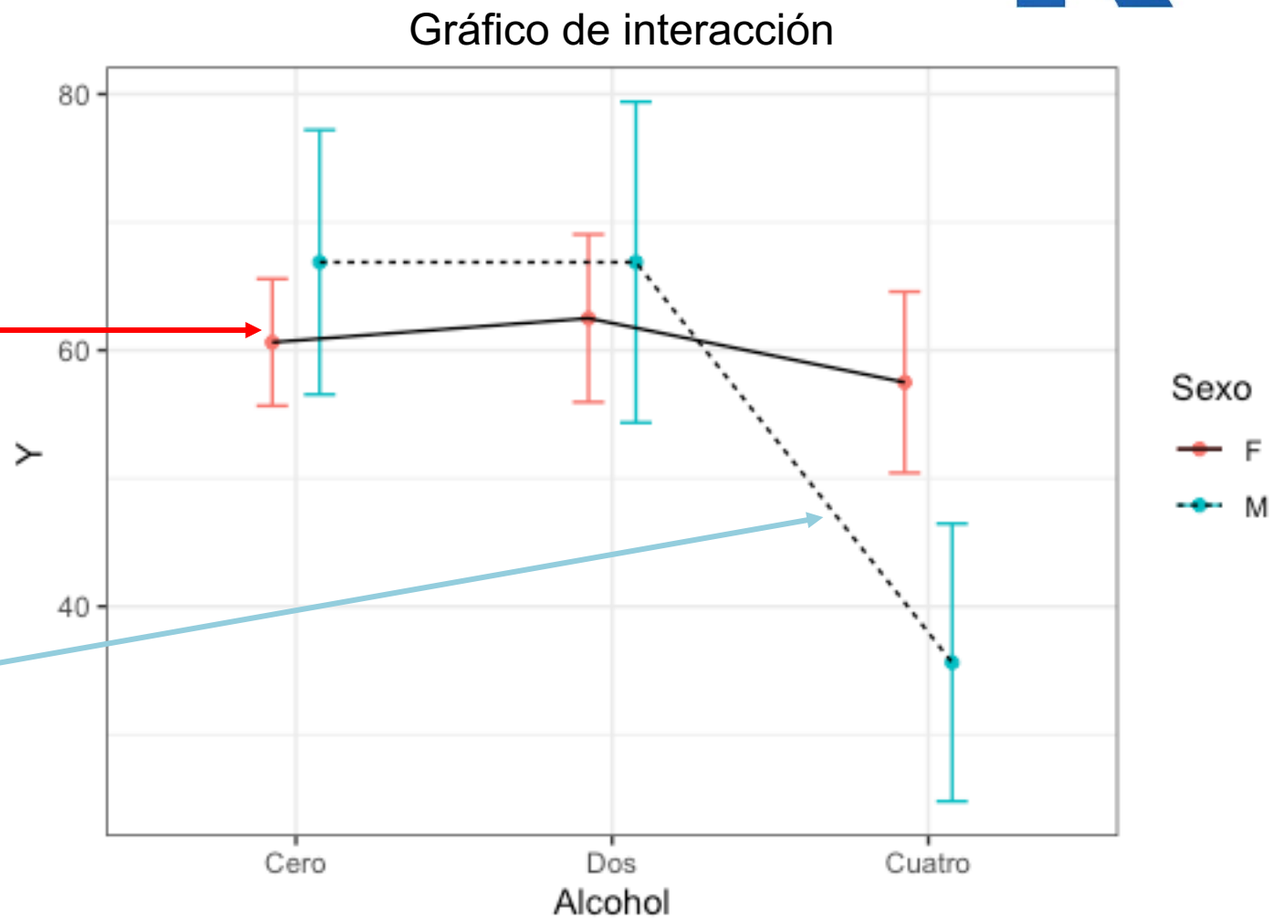
II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

4º Explorar el conjunto de datos (3)

El gráfico de efectos de interacción muestra que para las mujeres el consumo de cervezas apenas afecta su rendimiento. Es decir, su rendimiento es muy similar en las tres condiciones (la línea que une sus medias es prácticamente horizontal)

Para los hombres, por el contrario, solo es estable con dos cervezas, pero baja drásticamente con 4.



II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

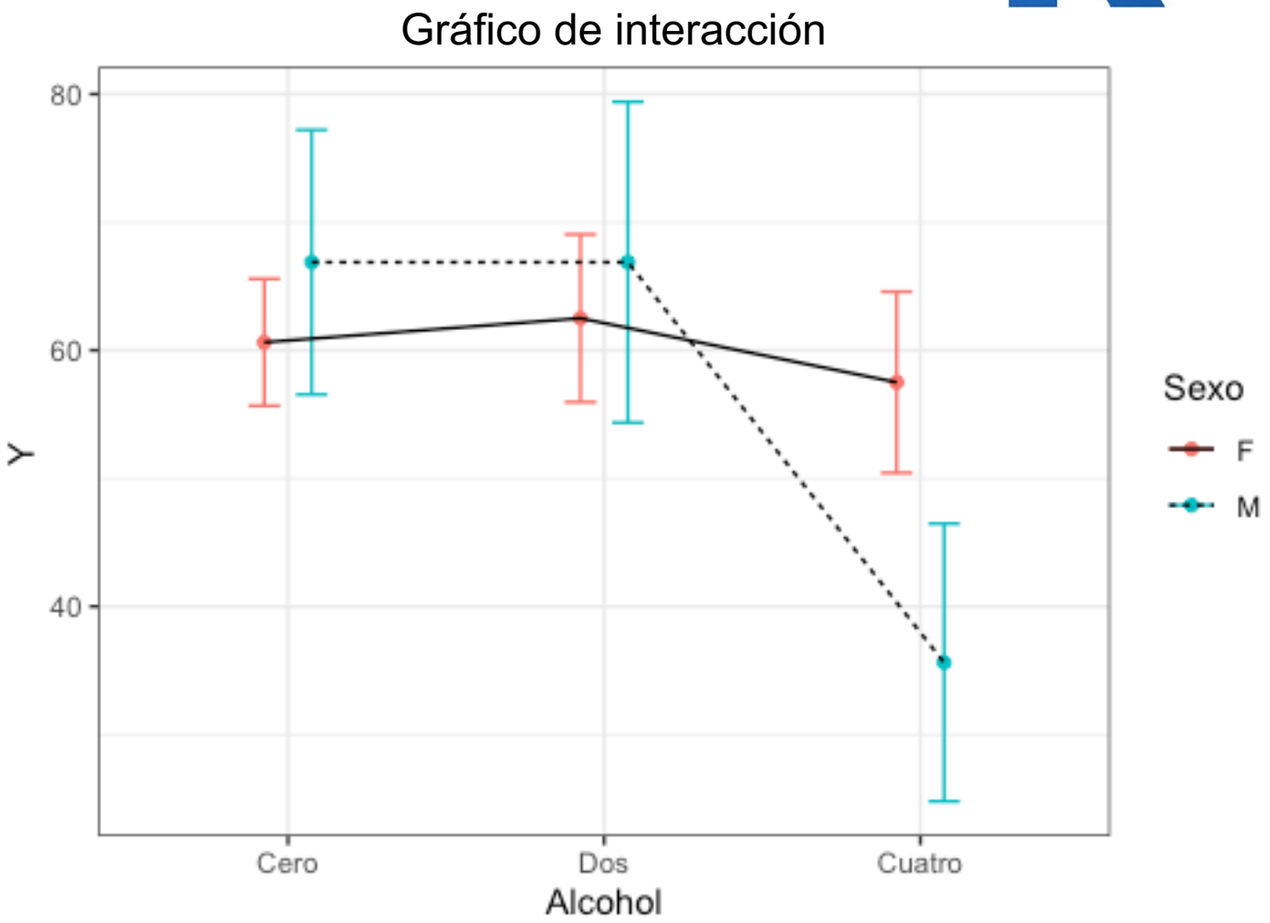
4º Explorar el conjunto de datos (4)

En general, en un gráfico de efectos de interacción, las líneas no paralelas indican un efecto de interacción

El cruce de ambas líneas indica un efecto de interacción bastante notable entre variables independientes

La cerveza no tiene un gran efecto en el rendimiento cuando son dos cervezas, pero sí lo tiene, especialmente en los hombres cuando son cuatro

Las mujeres mantienen su nivel de rendimiento similar independientemente del consumo de cerveza



II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

4º Explorar el conjunto de datos (5)



Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene

```
leveneTest(Anova_02$Y, Anova_02$Alcohol, center = median)
```

```
> leveneTest(Anova_02$Y, Anova_02$Alcohol, center = median)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  2  2.3238 0.1095
      45
```

Brown–Forsythe (1974)
(Desviaciones absolutas de la mediana)
Esta prueba es algo más robusta

```
leveneTest(Anova_02$Y, Anova_02$Alcohol, center = mean)
```

```
> leveneTest(Anova_02$Y, Anova_02$Alcohol, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value  Pr(>F)
group  2  3.3777 0.04298 *
      45
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

4º Explorar el conjunto de datos (6)

Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene

```
leveneTest(Anova_02$Y, Anova_02$Sexo, center = median)
```

```
> leveneTest(Anova_02$Y, Anova_02$Sexo, center = median)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value    Pr(>F)
group  1  19.979 5.08e-05 ***
      46
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

Brown–Forsythe (1974)
(Desviaciones absolutas de la mediana)
Esta prueba es algo más robusta

```
leveneTest(Anova_02$Y, Anova_02$Sexo, center = mean)
```

```
> leveneTest(Anova_02$Y, Anova_02$Sexo, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value    Pr(>F)
group  1  25.392 7.711e-06 ***
      46
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

4º Explorar el conjunto de datos (7)



```
# Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene
leveneTest(Anova_02$Y, interaction(Anova_02$Sexo, Anova_02$Alcohol), center = median)
```

En realidad, nos interesa saber si hay diferencias en las varianzas entre los seis grupos

```
> leveneTest(Anova_02$Y, interaction(Anova_02$Sexo, Anova_02$Alcohol), center = median)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  5  1.4252 0.2351
      42
```

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

5º Calcular el Análisis de la Varianza (1)

```
modelo_02  <-aov (Y ~ Sexo + Alcohol + Sexo:Alcohol, data = Anova_02)
```

```
> summary(modelo_02)
             Df Sum Sq Mean Sq F value   Pr(>F)
Sexo          1    169   168.7   2.032    0.161
Alcohol       2   3332  1666.1  20.065 7.65e-07 ***
Sexo:Alcohol  2   1978   989.1  11.911 7.99e-05 ***
Residuals    42   3488    83.0
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

Hay un efecto significativo de la Cerveza

Hay un efecto significativo de interacción entre la Cerveza y el sexo

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

5º Calcular el Análisis de la Varianza (2) — Efectos Principales

```
modelo_02  <-aov (Y ~ Sexo + Alcohol + Sexo:Alcohol, data = Anova_02)
```

```
> summary(modelo_02)
             Df Sum Sq Mean Sq F value   Pr(>F)
Sexo          1    169   168.7   2.032    0.161
Alcohol       2   3332  1666.1  20.065 7.65e-07 ***
Sexo:Alcohol  2   1978   989.1  11.911 7.99e-05 ***
Residuals    42   3488    83.0
```

Hay un efecto significativo de la Cerveza

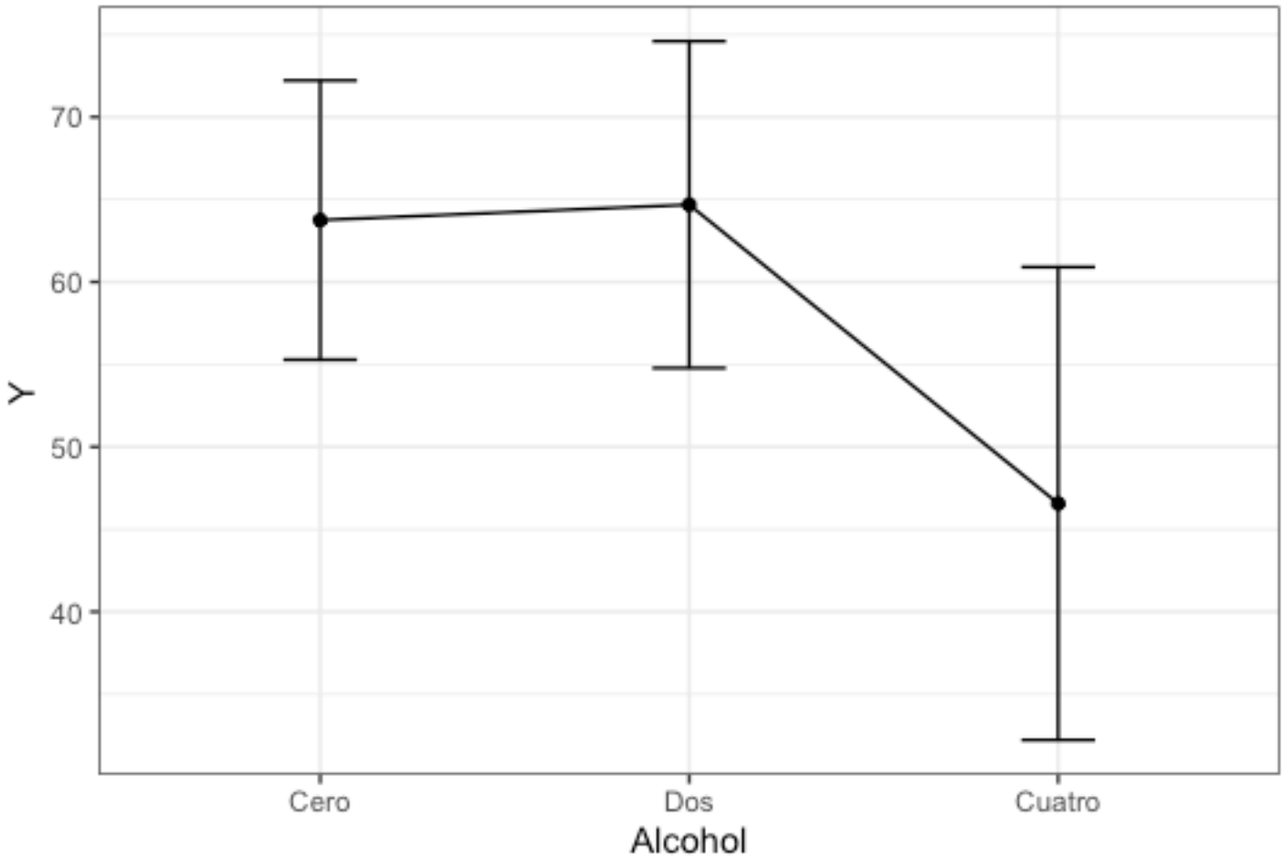
La cantidad de cerveza consumida influye en el rendimiento deportivo

Si ignoramos el Sexo parece que la cerveza influye en el rendimiento

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

5º Calcular el Análisis de la Varianza (3) — Efectos Principales



Hay un efecto significativo de la Cerveza

Si ignoramos el Sexo el rendimiento es muy similar entre una (M = 63.8, SD = 8.47) y dos cervezas (M = 64.7, SD = 9.91)

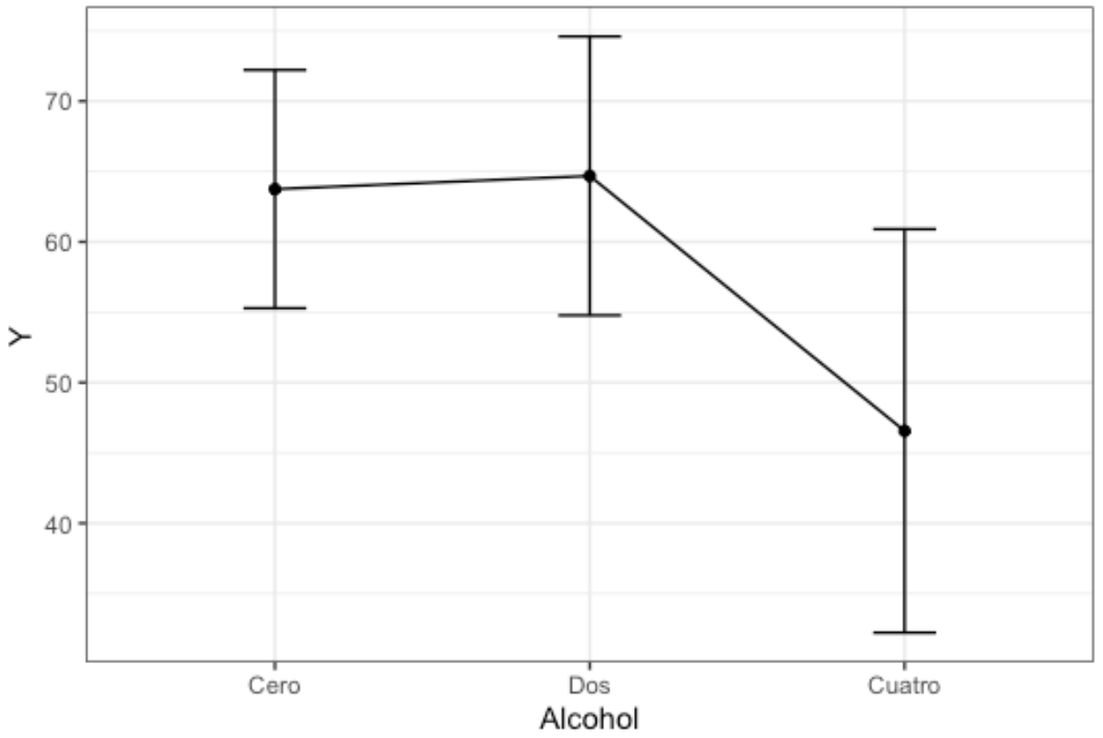
De hecho, la media en el grupo con dos cervezas es ligeramente superior a la media del grupo sin cerveza

Si embargo, el rendimiento desciende significativamente con cuatro cervezas (M = 46.6, SD = 14.3)

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

5º Calcular el Análisis de la Varianza (4)




```
# Efecto principal del Alcohol

# 1 Resumir los datos
library(dplyr)
resumen_02 <- Anova_02 %>%
        group_by(Alcohol) %>%
        summarise(
                sd = sd(Y, na.rm = TRUE),
                Y = mean(Y))
resumen_02

# (2) Standard error bars
ggplot(resumen_02, aes(Alcohol, Y, group=1)) +
        geom_errorbar(
                aes(ymin = Y-sd, ymax = Y+sd),
                    width = 0.2)+
        geom_point() +
        geom_line(linetype = 1)+
        theme_bw()
```

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

5º Calcular el Análisis de la Varianza (5) — Efectos Principales

```
modelo_02  <-aov (Y ~ Sexo + Alcohol + Sexo:Alcohol, data = Anova_02)
```

```
> summary(modelo_02)
              Df Sum Sq Mean Sq F value   Pr(>F)
Sexo           1    169   168.7   2.032    0.161
Alcohol        2   3332  1666.1  20.065 7.65e-07 ***
Sexo:Alcohol   2   1978   989.1  11.911 7.99e-05 ***
Residuals     42   3488    83.0
```

No hay un efecto significativo del Sexo

El sexo no afecta al rendimiento F(1,42) = 2.032, p = .161

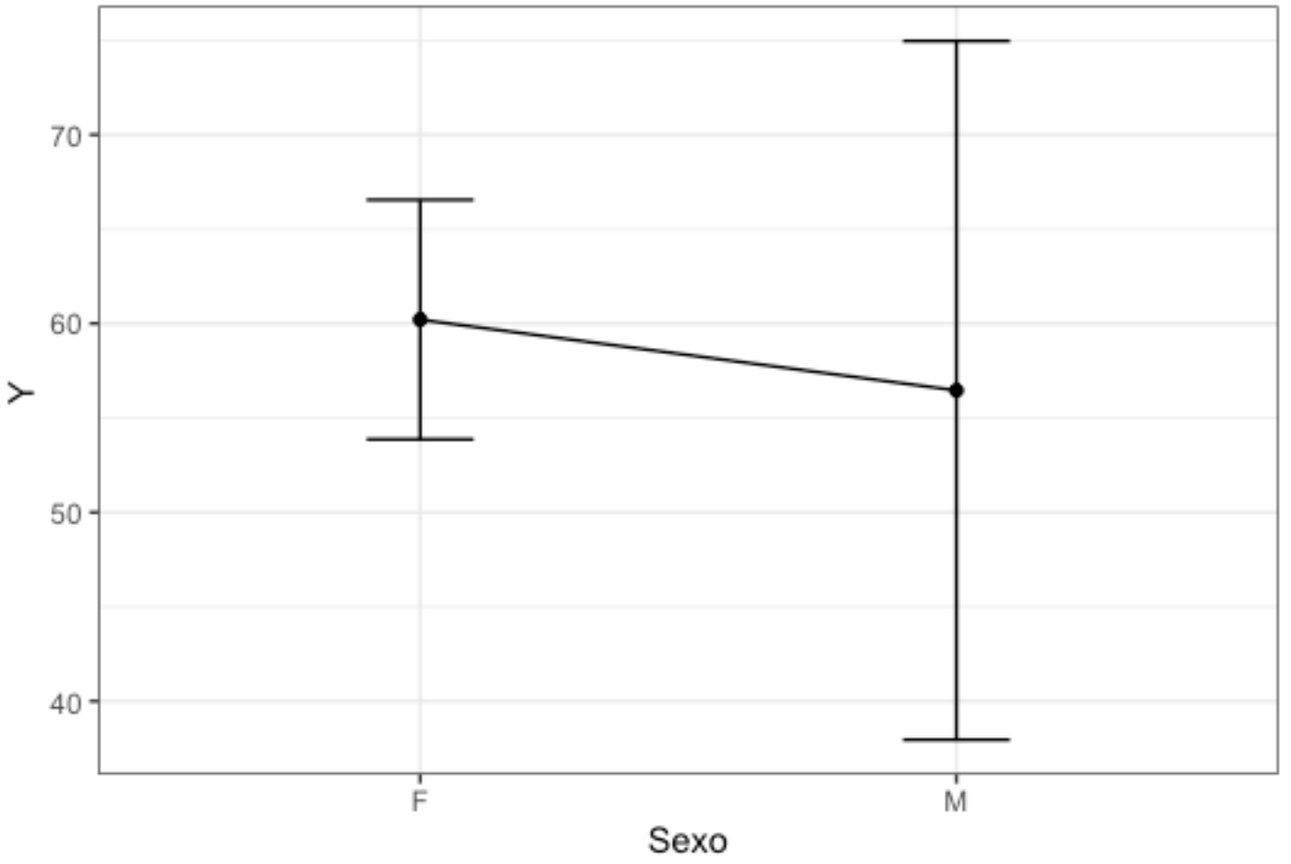
No hay diferencias significativas en el rendimiento entre mujeres y hombres

SI IGNORAMOS EL CONSUMO DE CERVEZA

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

5º Calcular el Análisis de la Varianza (6) — Efectos Principales



No hay un efecto significativo del Sexo

Cuando ignoramos las cervezas consumidas, el sexo no afecta al rendimiento

No hay diferencias significativas en el rendimiento entre mujeres y hombres si ignoramos el consumo de cervezas

El rendimiento medio de las mujeres (M = 60.2, SD = 6.34) no fue significativamente superior al rendimiento de los hombres (M = 56.5, SD = 18.5)

SI IGNORAMOS EL CONSUMO DE CERVEZA

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

5º Calcular el Análisis de la Varianza (7)

```
modelo_02  <-aov (Y ~ Sexo + Alcohol + Sexo:Alcohol, data = Anova_02)
```

```
> summary(modelo_02)
             Df Sum Sq Mean Sq F value   Pr(>F)
Sexo          1    169   168.7   2.032    0.161
Alcohol       2   3332  1666.1  20.065 7.65e-07 ***
Sexo:Alcohol  2   1978   989.1  11.911 7.99e-05 ***
Residuals    42   3488    83.0
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

Hay un efecto significativo de interacción entre la Cerveza y el sexo

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

5º Calcular el Análisis de la Varianza (8)

```
modelo_02  <-aov (Y ~ Sexo + Alcohol + Sexo:Alcohol, data = Anova_02)
```

```
> summary(modelo_02)
             Df Sum Sq Mean Sq F value   Pr(>F)
Sexo          1    169   168.7   2.032    0.161
Alcohol       2   3332  1666.1  20.065 7.65e-07 ***
Sexo:Alcohol  2   1978   989.1  11.911 7.99e-05 ***
Residuals    42   3488    83.0
```

Hay un efecto significativo de interacción entre la cerveza y el sexo

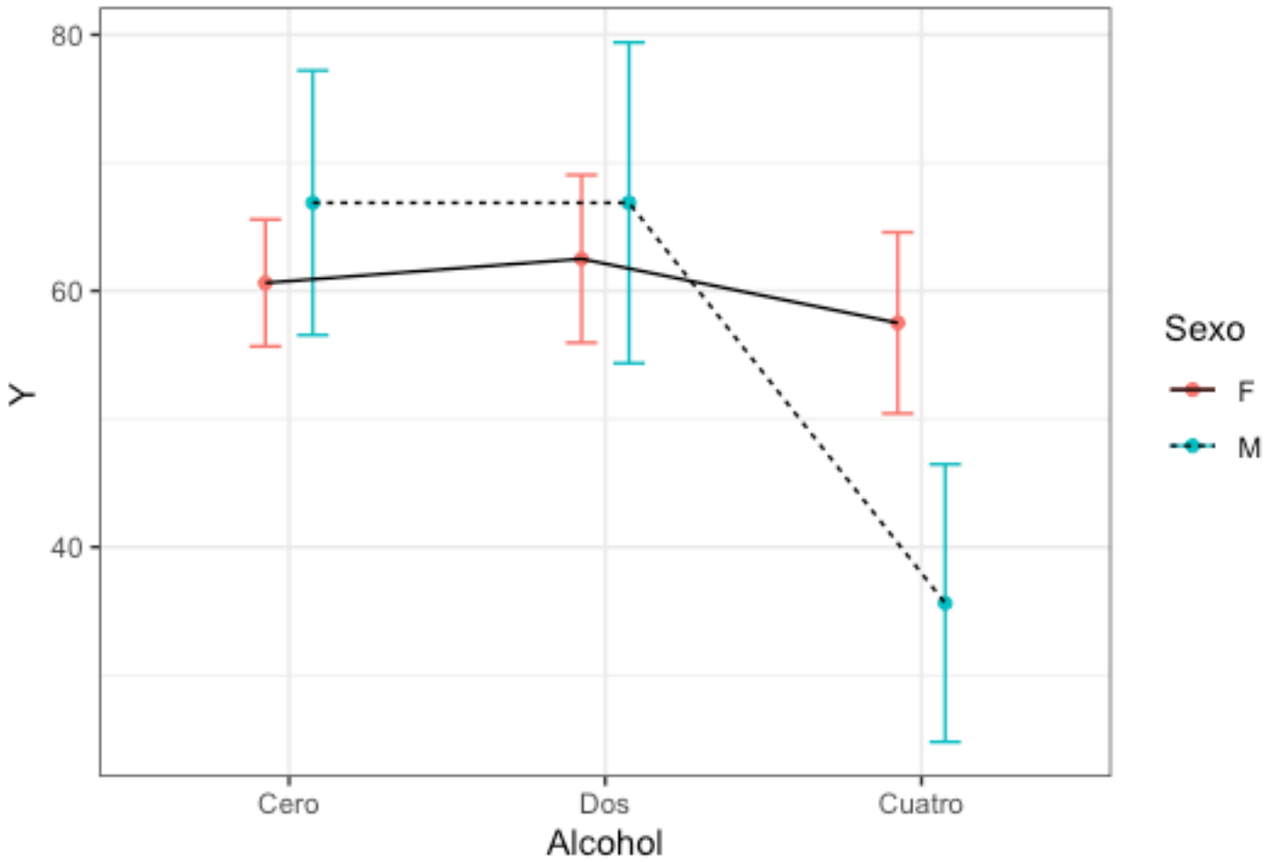
El efecto del consumo de cerveza sobre el rendimiento fue diferente para hombres y mujeres

NO TIENE SENTIDO INTERPRETAR LOS EFECTOS PRINCIPALES

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

5º Calcular el Análisis de la Varianza (9)



El gráfico de efectos de interacción muestra que para las mujeres el consumo de cervezas apenas afecta su rendimiento. Es decir, su rendimiento es muy similar en las tres condiciones (la línea que une sus medias es prácticamente horizontal)

Para los hombres, por el contrario, solo es estable con dos cervezas, pero baja drásticamente con 4.

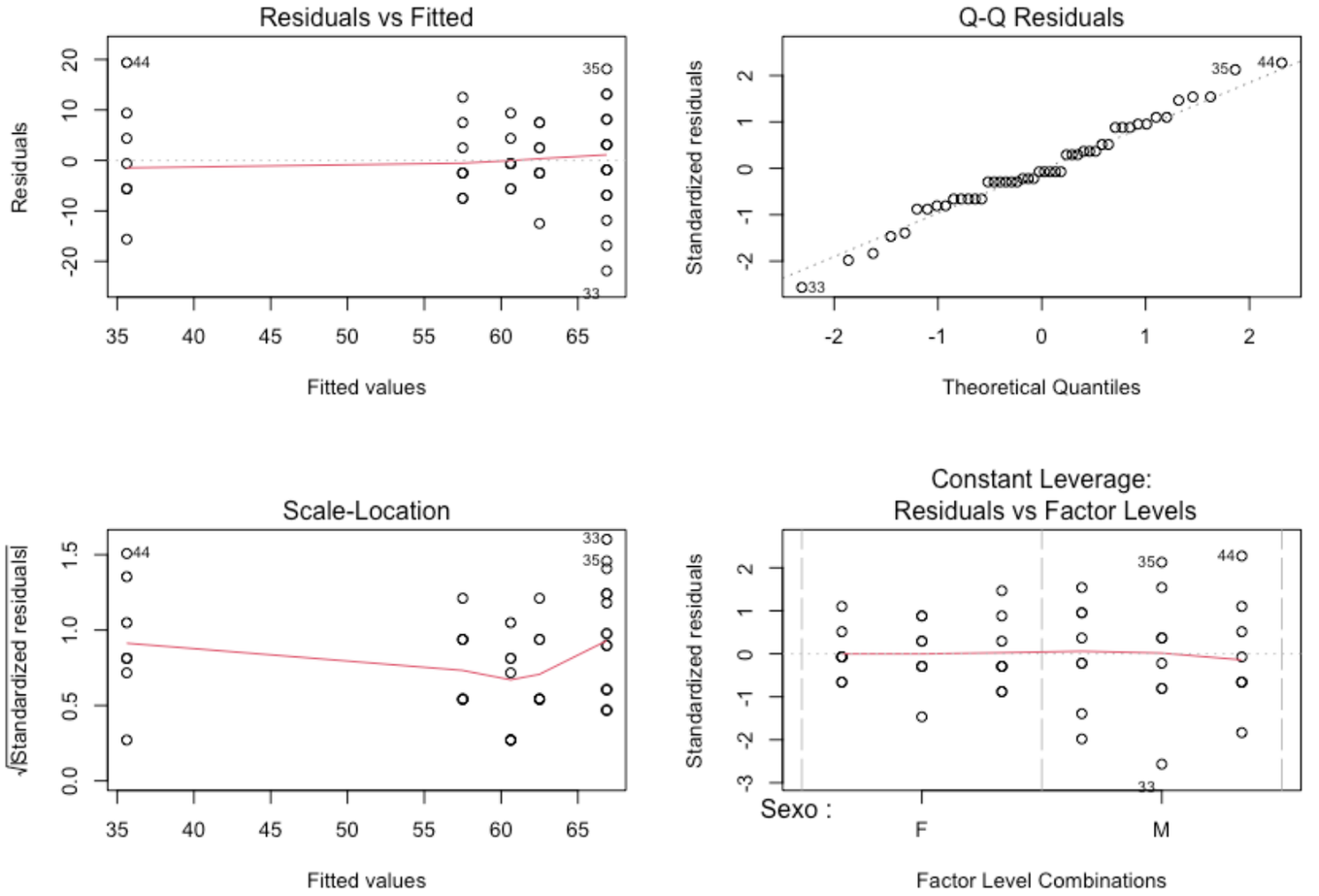
II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

5º Calcular el Análisis de la Varianza — Diagnosis y validación del modelo (1)

```
# Diagnóstico del modelo

par(mfrow=c(2,2))
plot(modelo_02)
```



II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

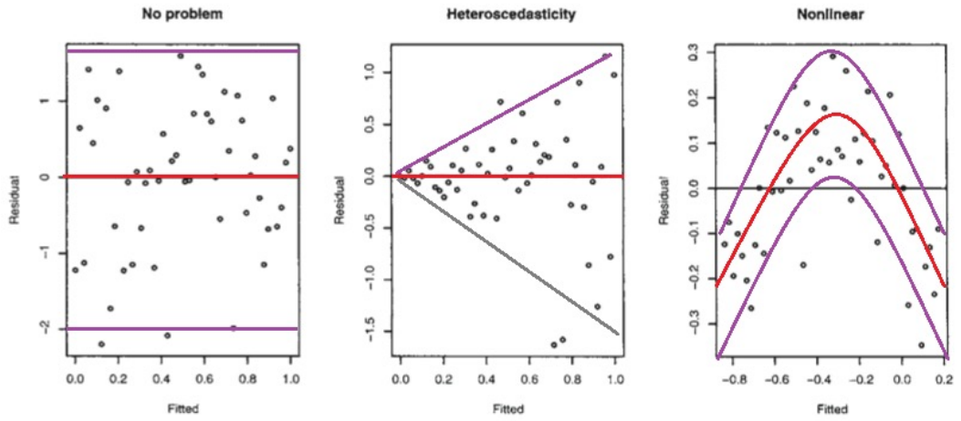
5º Calcular el Análisis de la Varianza — Diagnosis y validación del modelo (2)

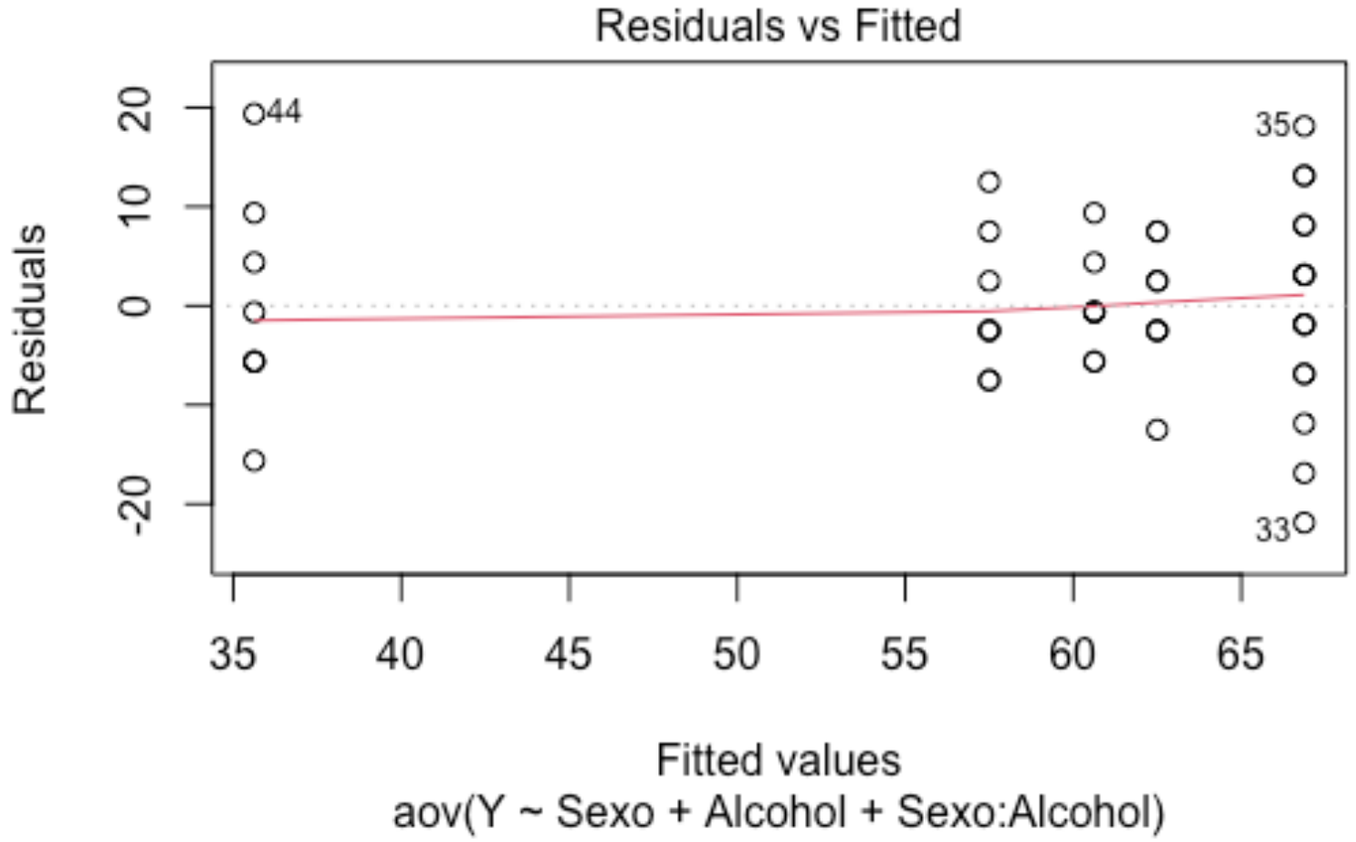
```
plot(modelo_02, which = 1)
```

Este gráfico muestra los residuos en el eje de ordenadas

No parece haber un patrón definido

Aparentemente la variación es similar en todos los grupos



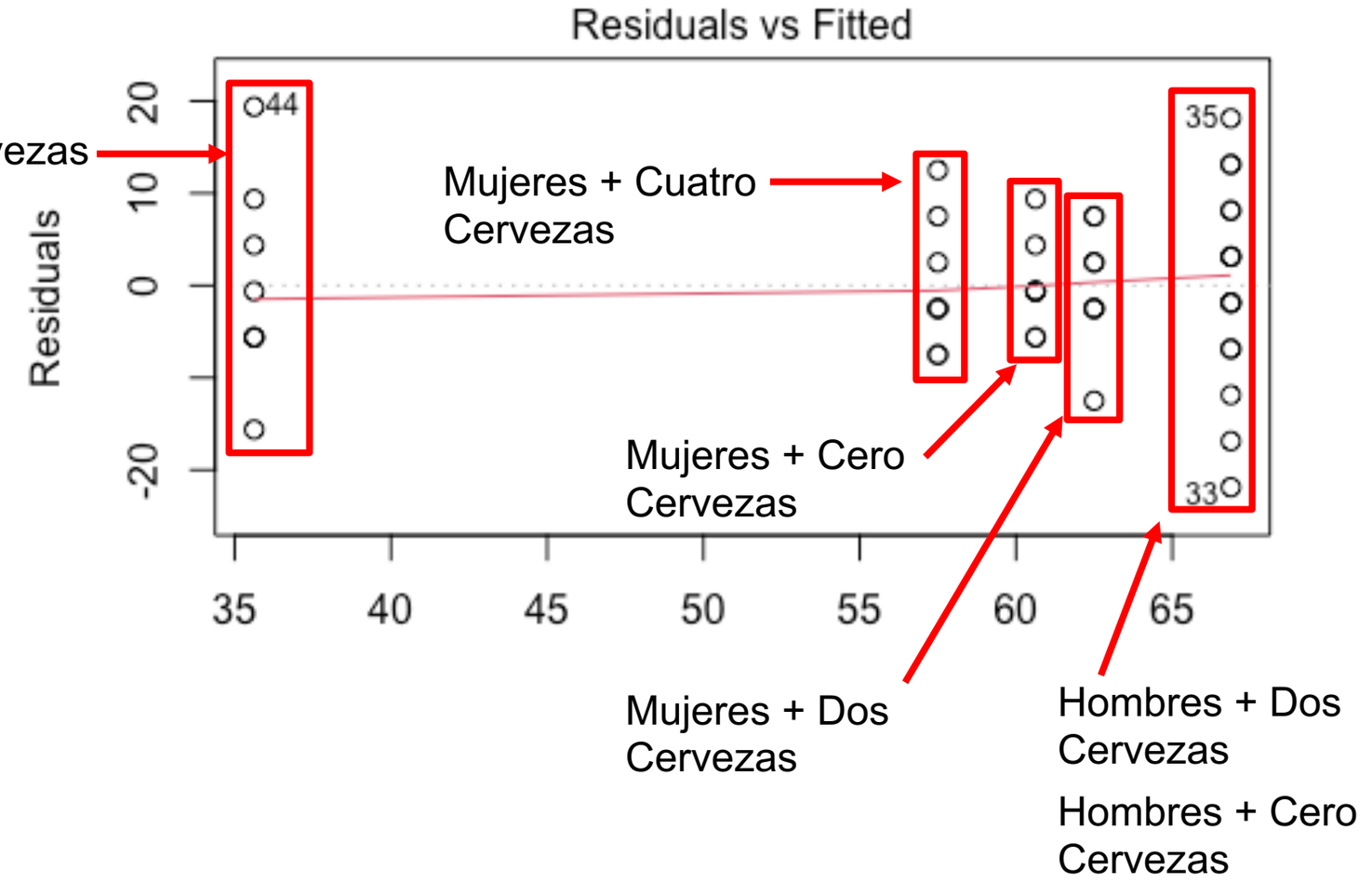


II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

5º Calcular el Análisis de la Varianza — Diagnosis y validación del modelo (3)

```
plot(modelo_02, which = 1)
```



La línea horizontal prácticamente no se desvía de 0 por lo que la variabilidad parece semejante en todos los grupos

Lo que hemos constatado con la prueba de Levene

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

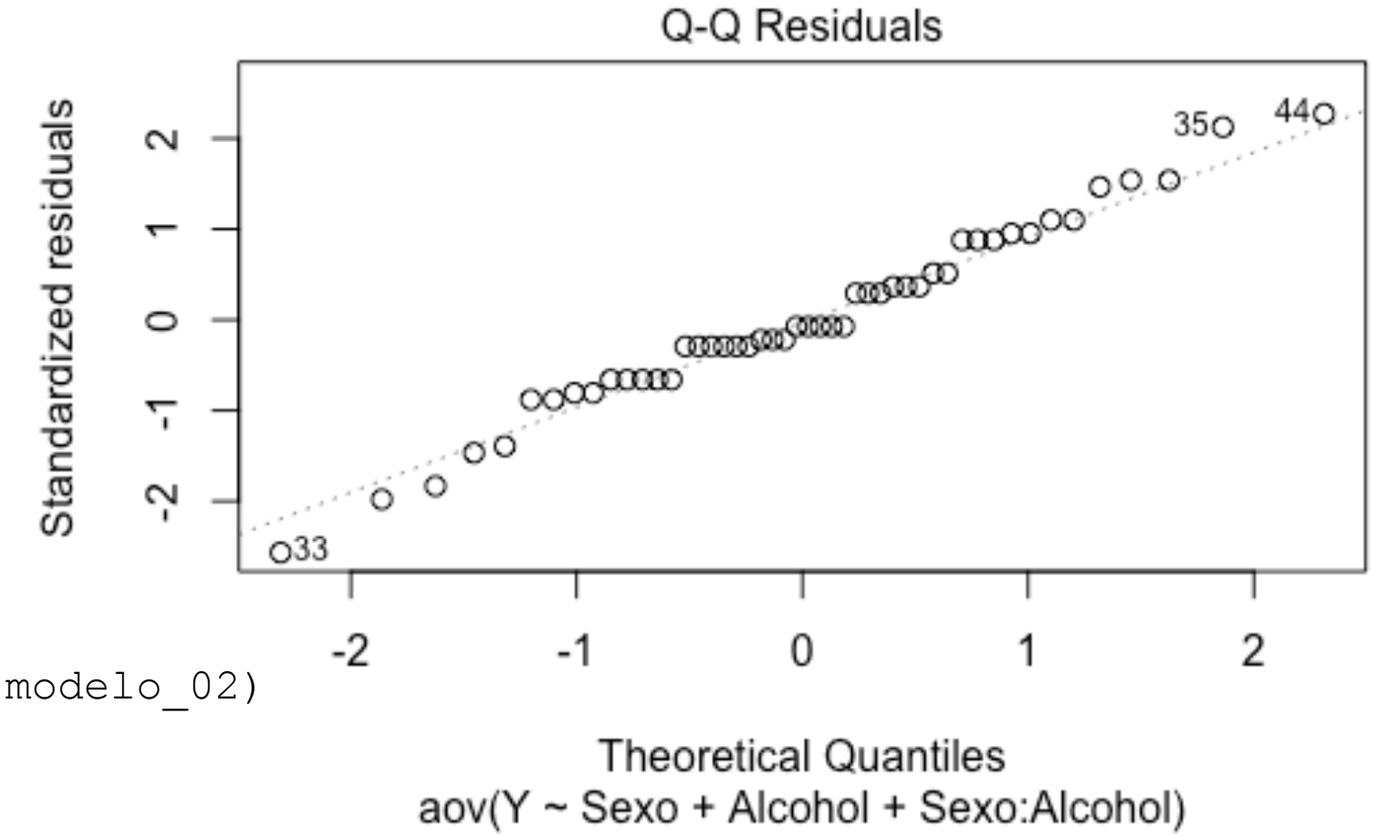
5º Calcular el Análisis de la Varianza — Diagnosis y validación del modelo (4)

```
plot(modelo_02, which = 2)
```

El gráfico de cuantiles muestra que los puntos no se desvían demasiado de la recta

Lo que apunta normalidad

La prueba de Shapiro-Wilks de normalidad de los residuos apoya también esta conclusión (W = 0.98, p = 0.66)




```
# Extraer los residuos
aov_residuals <- residuals(object = modelo_02)

# Prueba de Shapiro-Wilk
shapiro.test(x = aov_residuals )
```

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

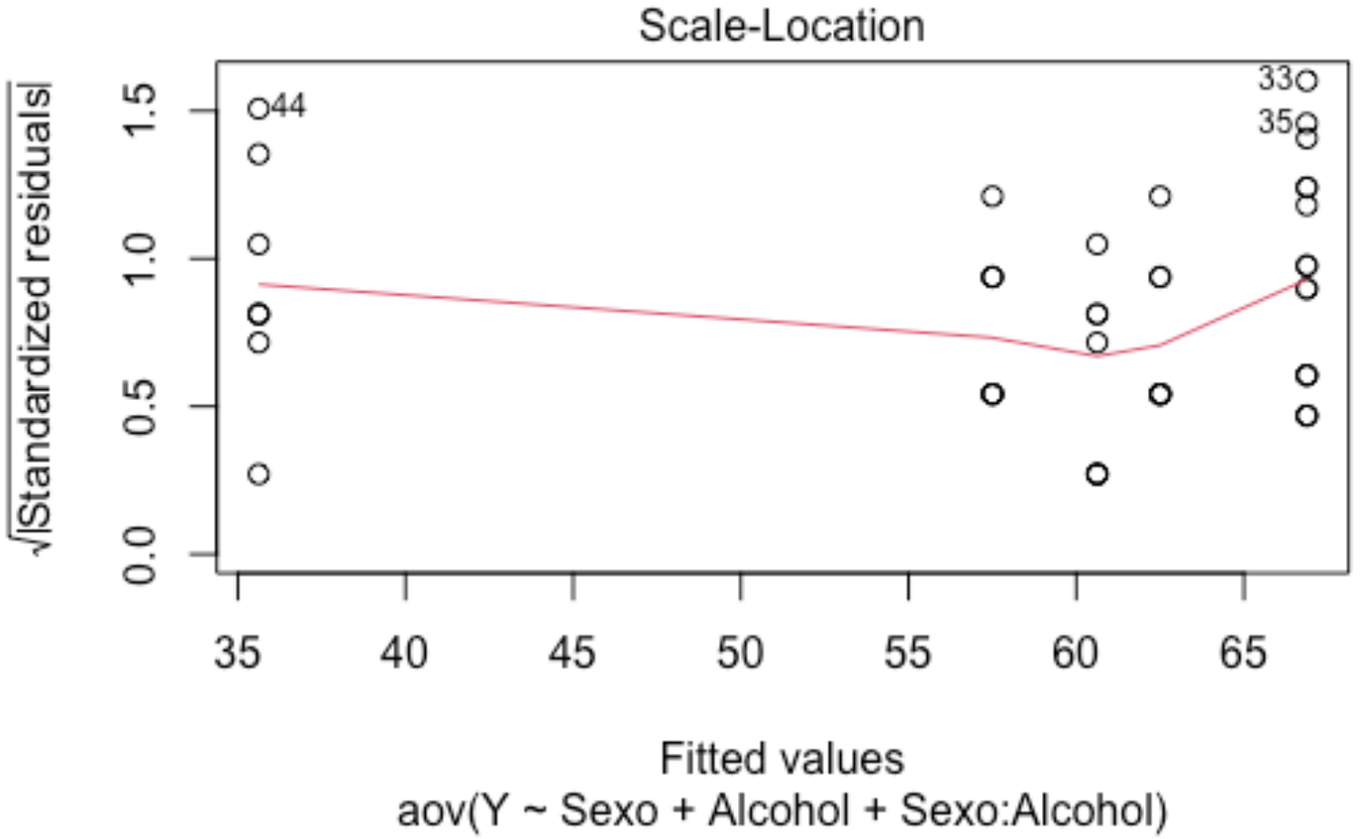
R

5º Calcular el Análisis de la Varianza — Diagnosis y validación del modelo (5)

```
plot(modelo_02, which = 3)
```

No hay residuos estandarizados superiores a dos

Los valores más altos están en torno a 1.5



II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

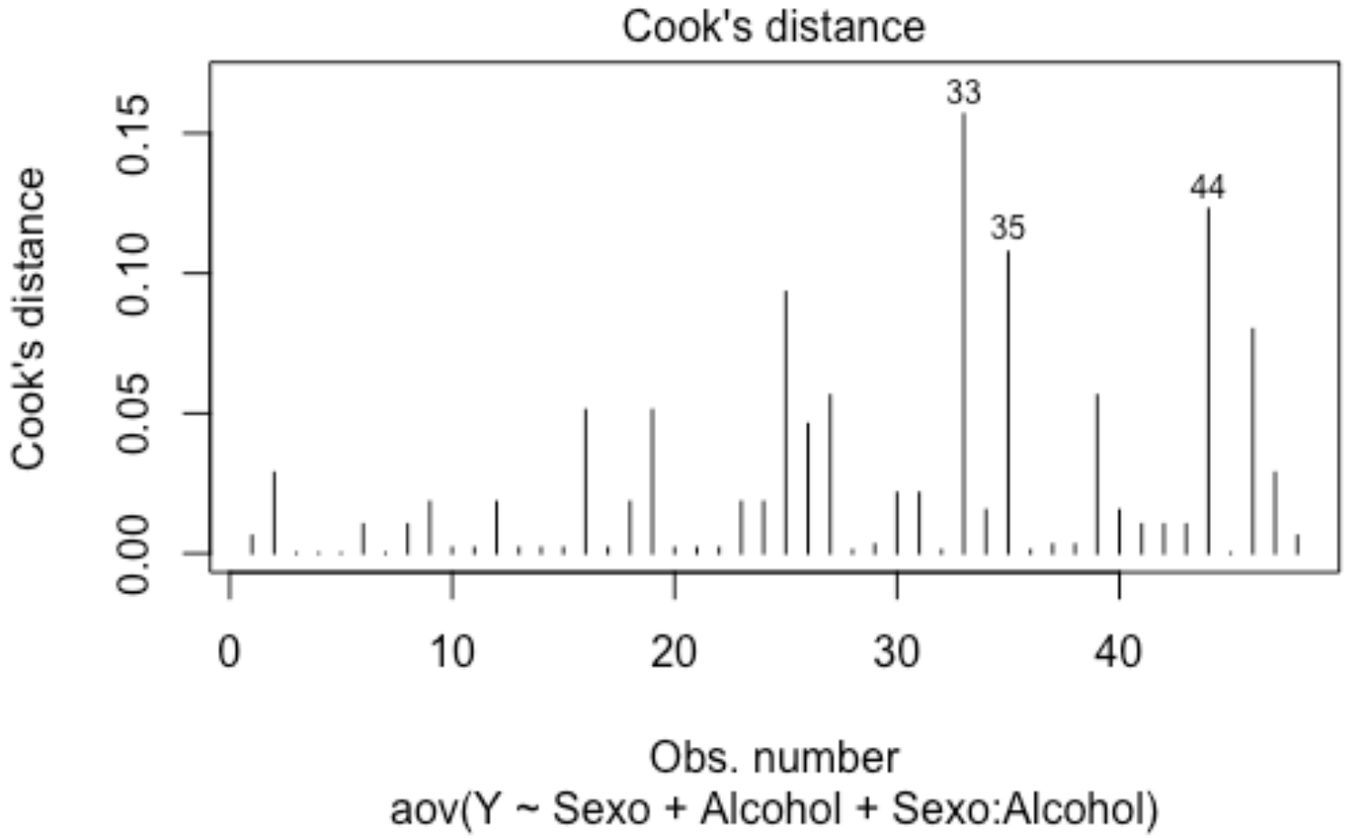
5º Calcular el Análisis de la Varianza — Diagnosis y validación del modelo (6)

Distancias de Cook

```
plot(modelo_02, which = 4)
```

Miden el impacto de cada observación en la capacidad predictiva del modelo

Distancias de Cook inferiores a 1 son adecuadas



II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

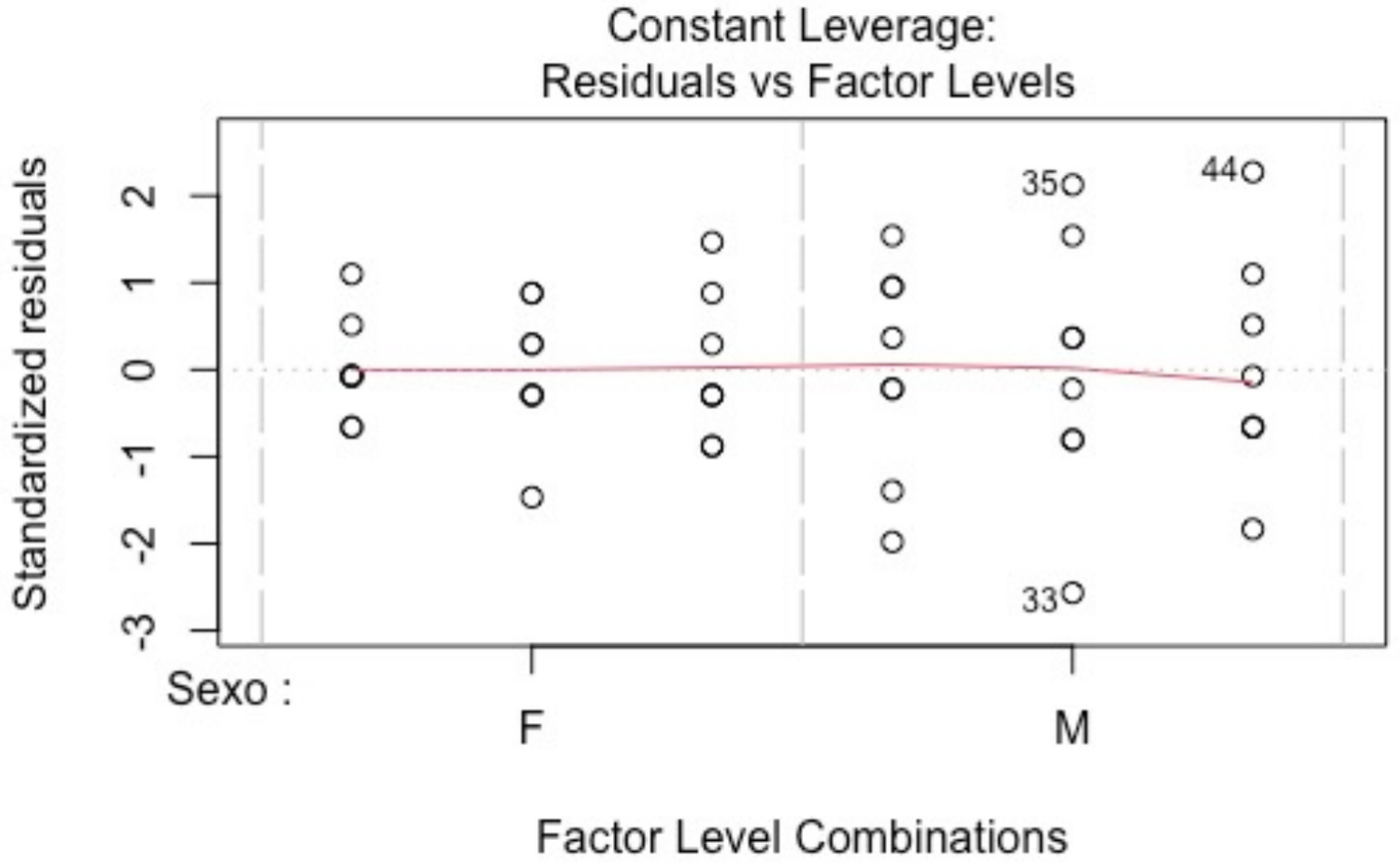
5º Calcular el Análisis de la Varianza — Diagnosis y validación del modelo (7)

```
plot(modelo_02, which = 5)
```

Menos del 5 % de los residuos estandarizados deben ser superiores a 2

Menos del 1 % de los residuos estandarizados deben ser superiores a 2.5

Los residuos estandarizados superiores a 3 serían outliers



II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R



6º Calcular los contrastes post hoc (1)

Ojo !! Hemos encontrado un efecto de interacción significativo

No tiene sentido comparar las diferencias dentro de los grupos porque ya sabemos que la diferencia depende de los grupos

Podemos hacer una Anova de una vía para cada grupo:

1 para sexo = H

1 para sexo = F

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

6º Calcular los contrastes post hoc (2)

```
# Hombres
Anova_02_m <- Anova_02[Anova_02$Sexo == 'M', ]

modelo_02_m <- aov(Y ~ Alcohol, data = Anova_02_m)

summary(modelo_02_m)
```

Seleccionamos el grupo de hombres

```
# Mujeres
Anova_02_f <- Anova_02[Anova_02$Sexo == 'F', ]

modelo_02_f <- aov(Y ~ Alcohol, data = Anova_02_f)

summary(modelo_02_f)
```

Seleccionamos el grupo de mujeres

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

6º Calcular los contrastes post hoc (3)

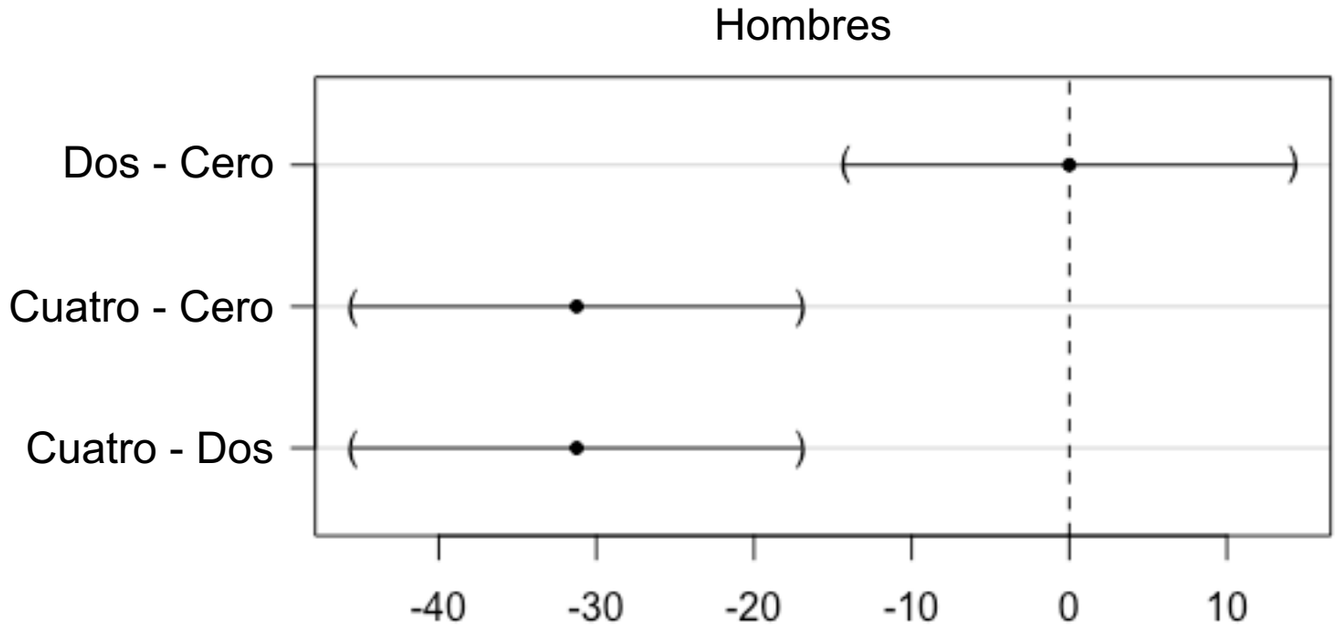
```
# Tukey HSD test: #### Más potente si el número de comparaciones es grande

post_hoc_m <- glht(modelo_02_m, linfct = mcp(Alcohol = "Tukey"))

summary(post_hoc_m)

post_hoc_m <- TukeyHSD(modelo_02_m)

plot(post_hoc_m)
```



II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

6º Calcular los contrastes post hoc (4)

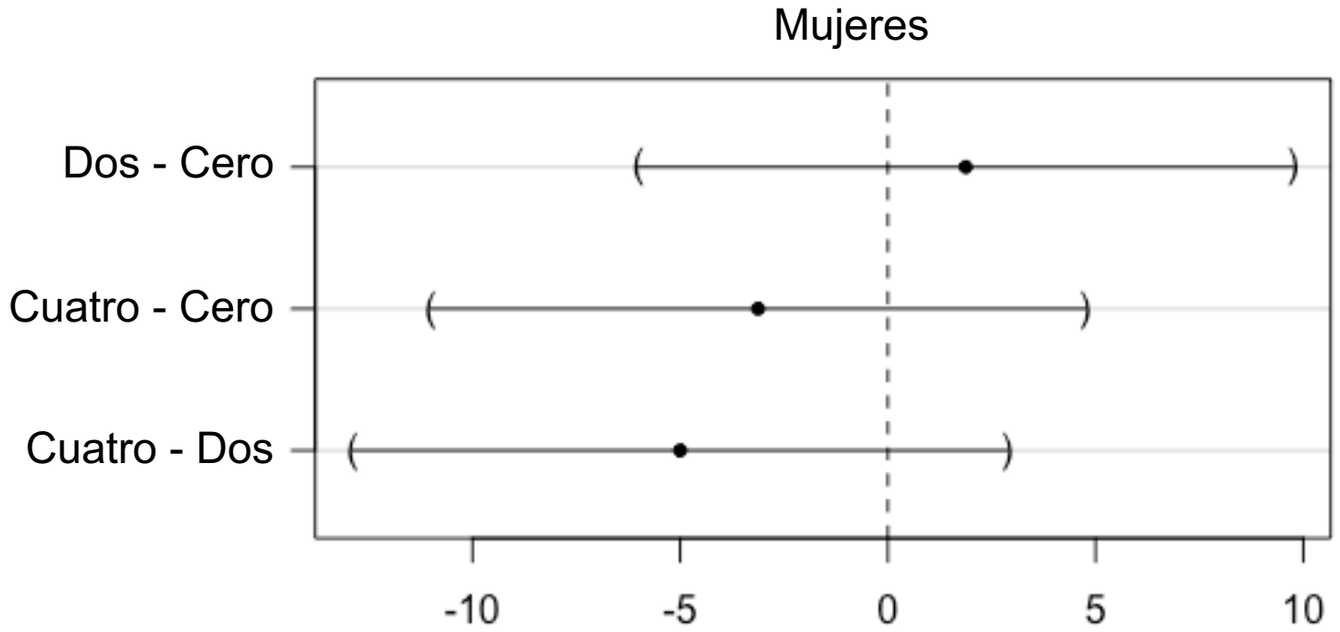
```
# Tukey HSD test: #### Más potente si el número de comparaciones es grande

post_hoc_f <- glht(modelo_02_f, linfct = mcp(Alcohol = "Tukey"))

summary(post_hoc_m)

post_hoc_m <- TukeyHSD(modelo_02_m)

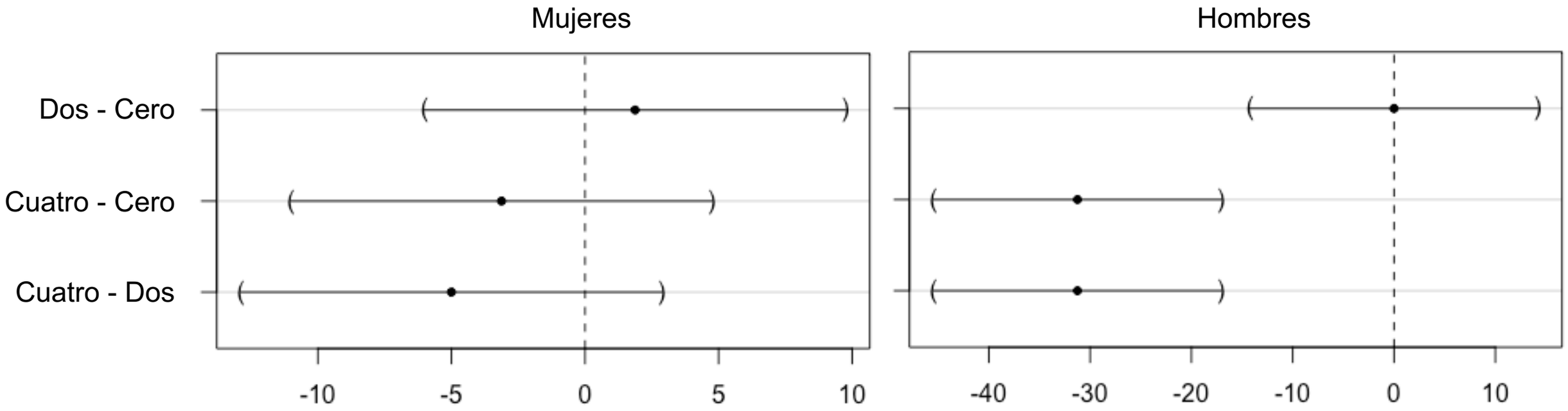
plot(post_hoc_m)
```



II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

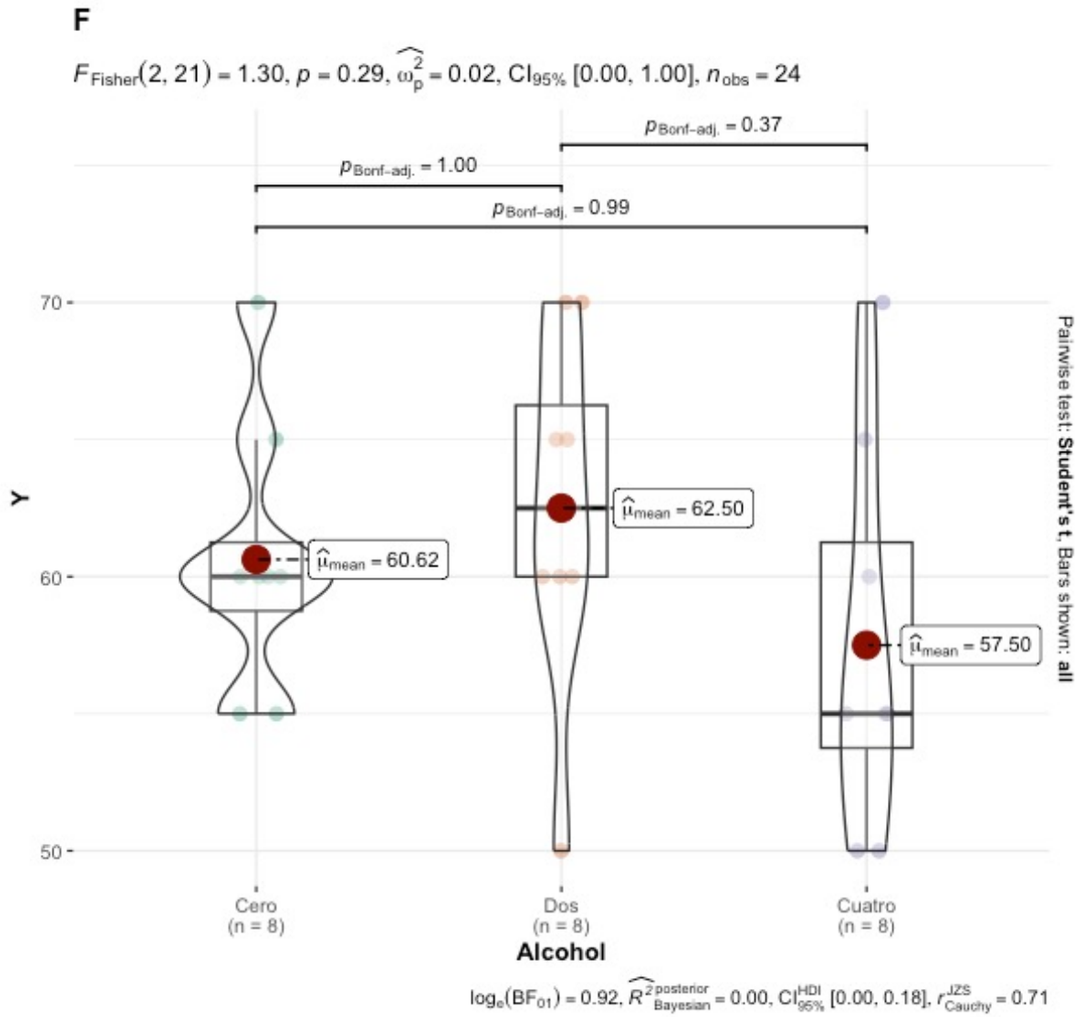
6º Calcular los contrastes post hoc (5)

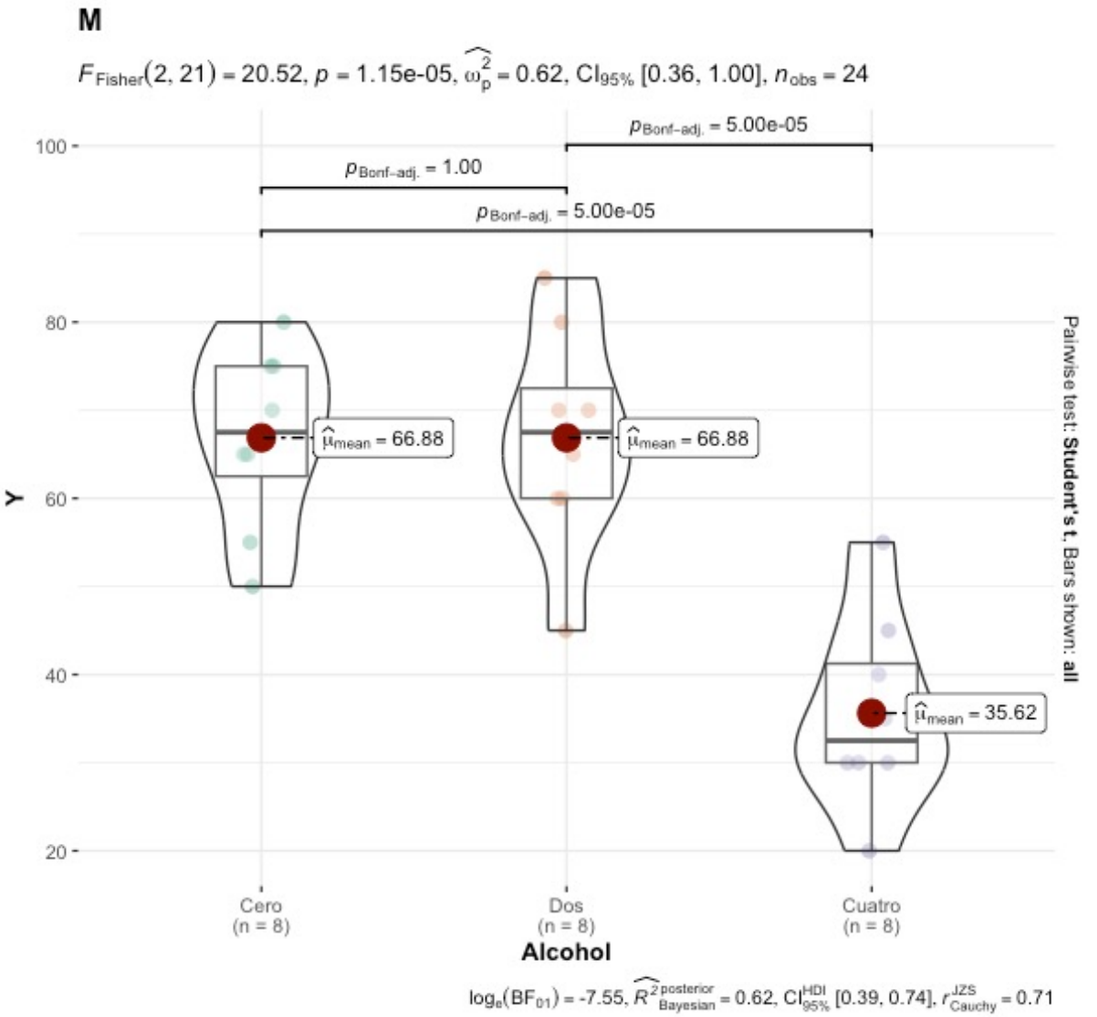


II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

R

6º Calcular los contrastes post hoc (6)





II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

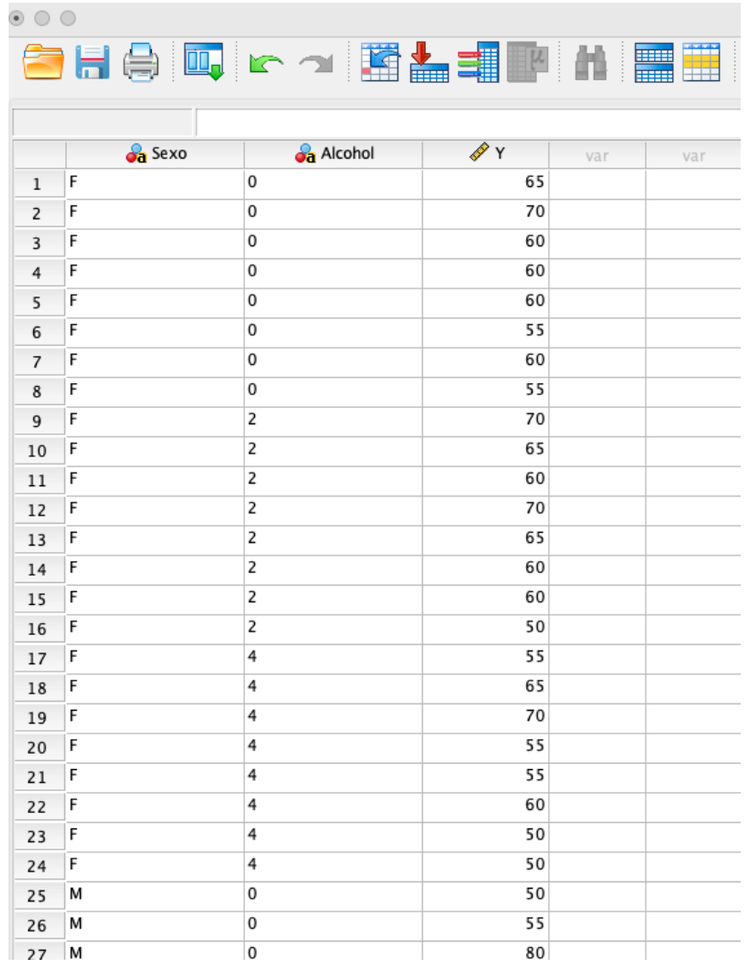
1º Archivo de datos

En la primera columna tenemos el Sexo

En la segunda columna tenemos las Cervezas

De nuevo utilizamos el formato “long”

anova.sav

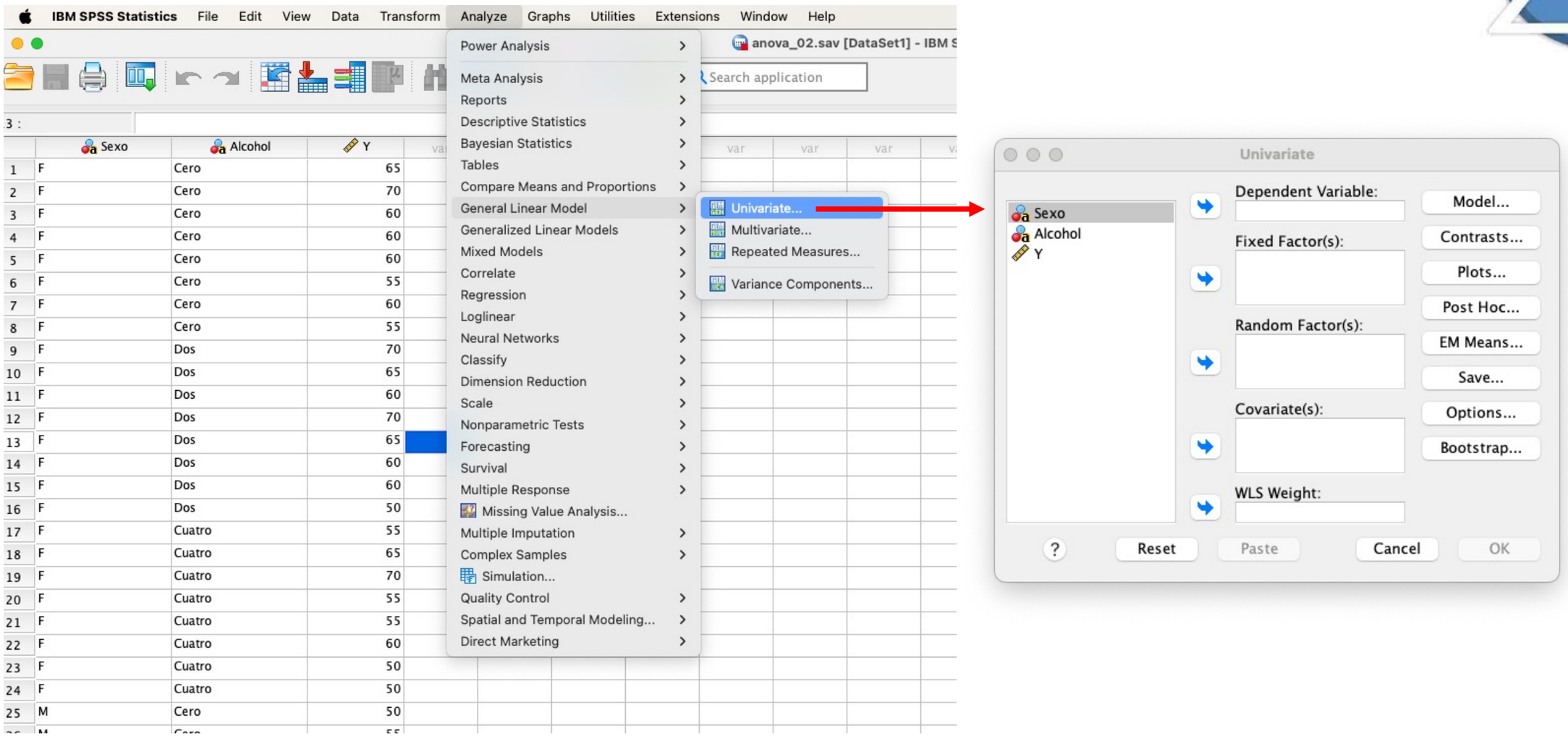


	Sexo	Alcohol	Y	var	var
1	F	0	65		
2	F	0	70		
3	F	0	60		
4	F	0	60		
5	F	0	60		
6	F	0	55		
7	F	0	60		
8	F	0	55		
9	F	2	70		
10	F	2	65		
11	F	2	60		
12	F	2	70		
13	F	2	65		
14	F	2	60		
15	F	2	60		
16	F	2	50		
17	F	4	55		
18	F	4	65		
19	F	4	70		
20	F	4	55		
21	F	4	55		
22	F	4	60		
23	F	4	50		
24	F	4	50		
25	M	0	50		
26	M	0	55		
27	M	0	80		

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

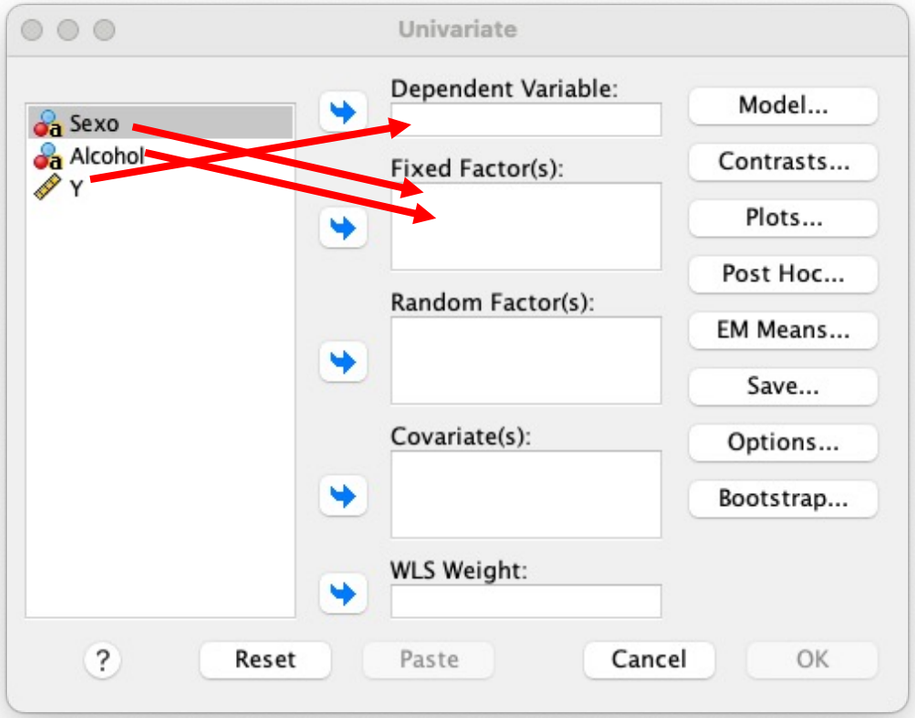
2º Analizar > Modelo Lineal General > Univariado (1)

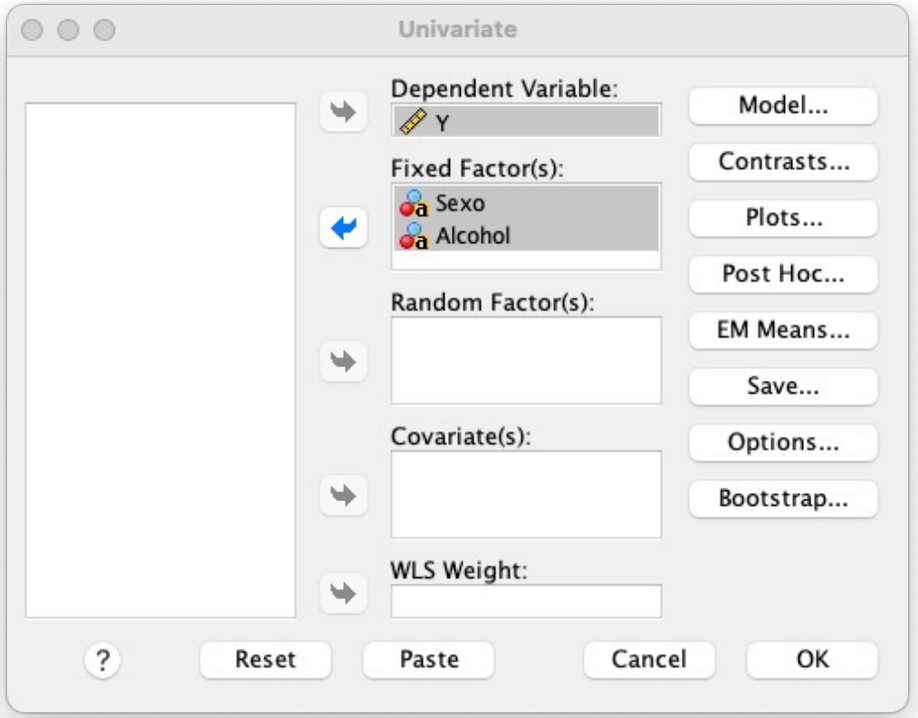


II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

2º Analizar > Modelo Lineal General > Univariado (2)

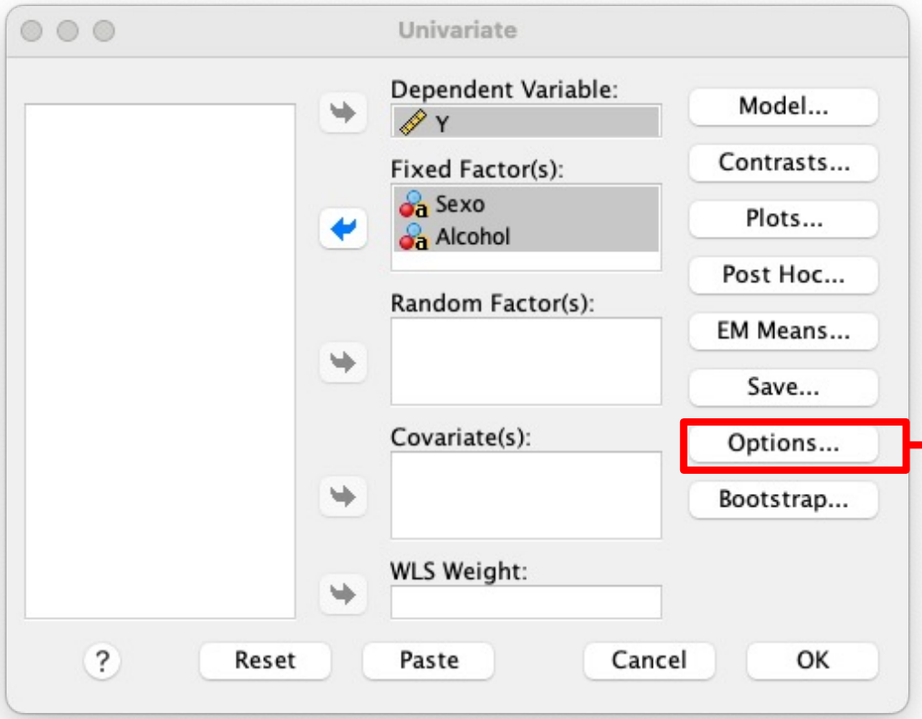


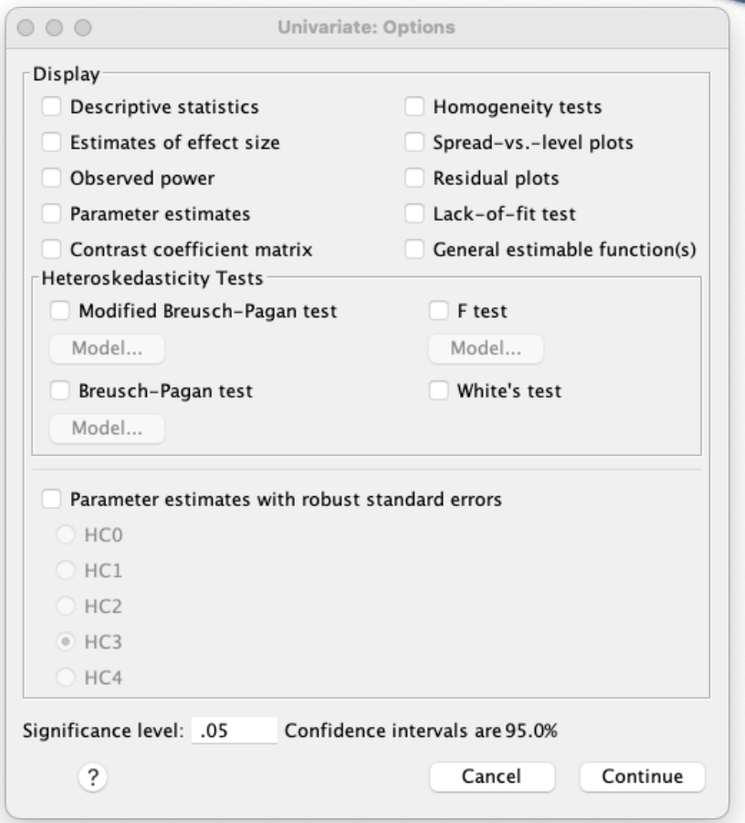


II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

2º Analizar > Modelo Lineal General > Univariado (3)

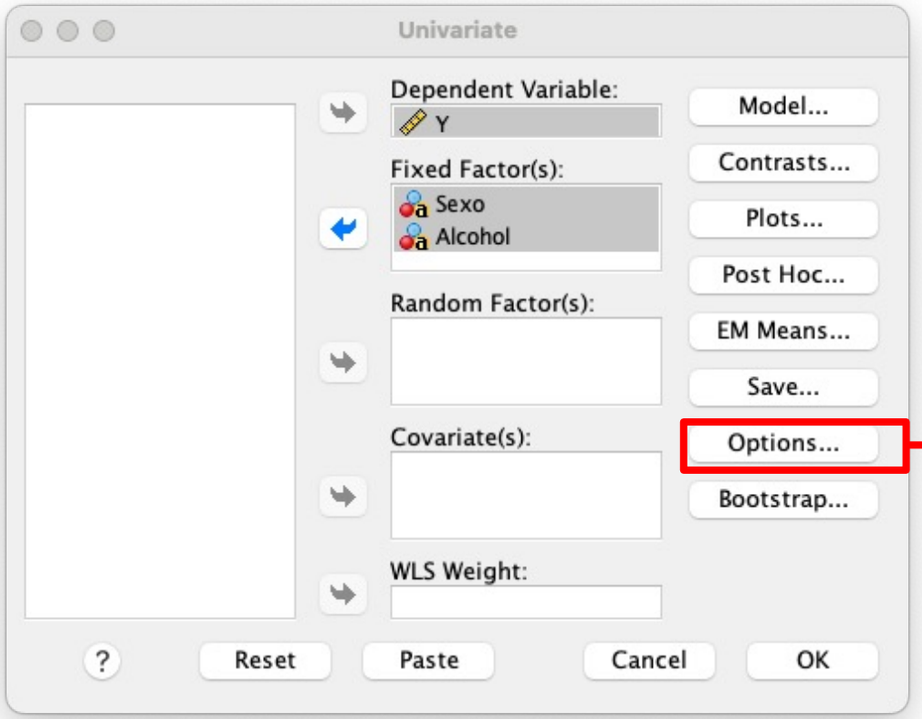


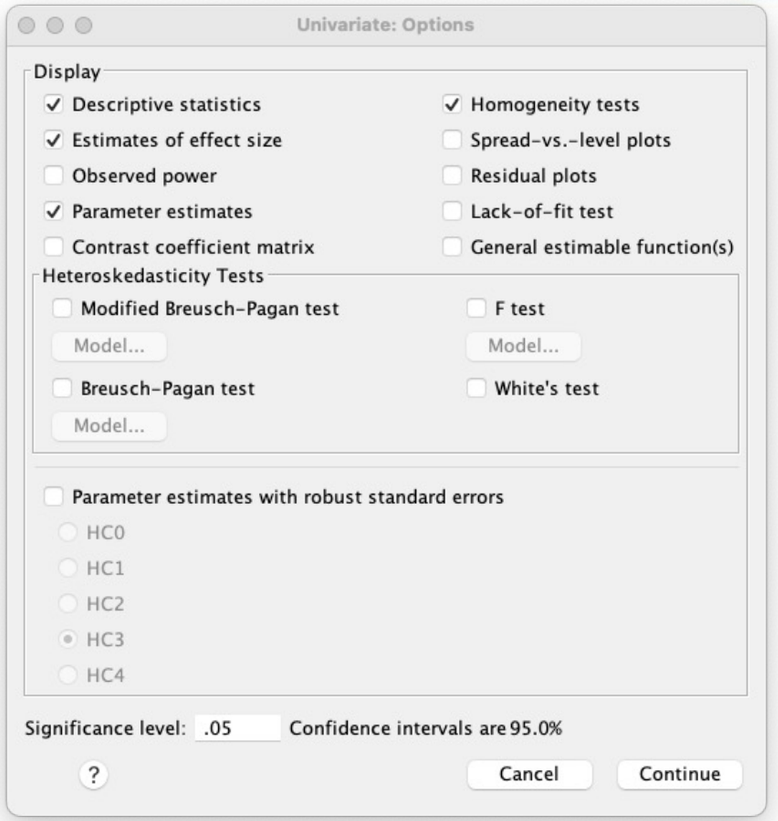


II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

2º Analizar > Modelo Lineal General > Univariado (4)

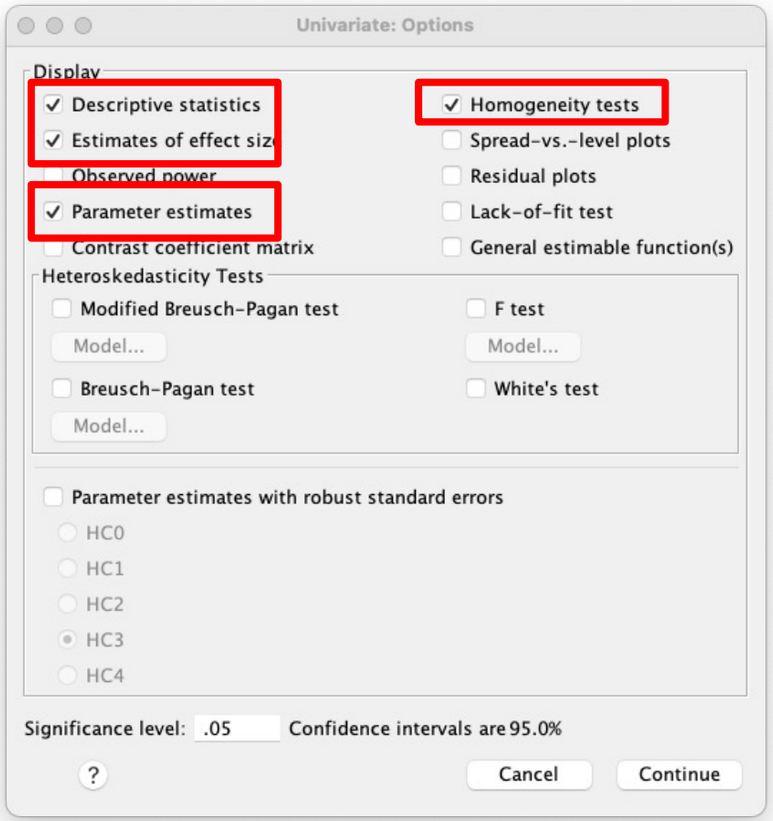


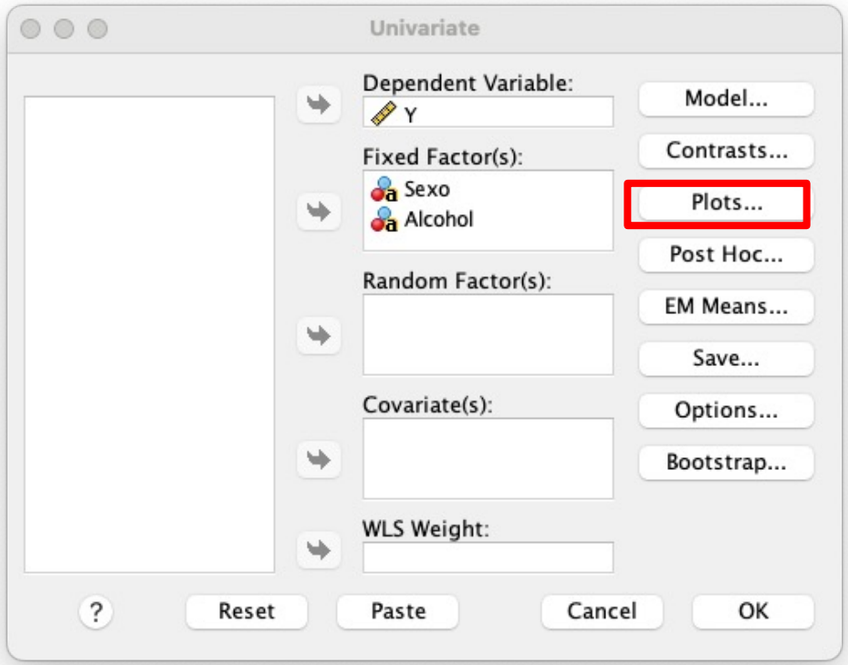


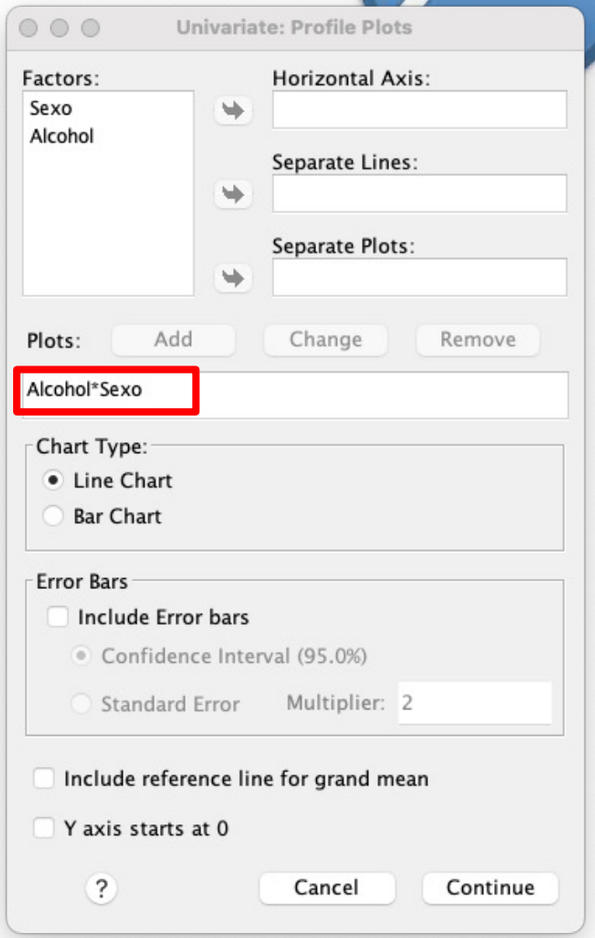
II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

2º Analizar > Modelo Lineal General > Univariado (5)







II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

2º Analizar > Modelo Lineal General > Univariado (6)

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Y

Sexo	Alcohol	Mean	Std. Deviation	N
Femenino	0 Cervezas	60.62	4.955	8
	2 Cervezas	62.50	6.547	8
	4 Cervezas	57.50	7.071	8
	Total	60.21	6.338	24
Masculino	0 Cervezas	66.88	10.329	8
	2 Cervezas	66.87	12.518	8
	4 Cervezas	35.63	10.836	8
	Total	56.46	18.503	24
Total	0 Cervezas	63.75	8.466	16
	2 Cervezas	64.69	9.911	16
	4 Cervezas	46.56	14.343	16
	Total	58.33	13.812	48

Homogeneidad de Varianzas

Levene's Test of Equality of Error Variances[a,b]

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Y	Based on Mean	1.527	5	42	.202
	Based on Median	1.425	5	42	.235
	Based on Median and with adjusted df	1.425	5	33.323	.241
	Based on trimmed mean	1.536	5	42	.199

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: Y

b. Design: Intercept + Sexo + Alcohol + Sexo * Alcohol

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

2º Analizar > Modelo Lineal General > Univariado (7)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	5479.167[a]	5	1095.833	13.197	<.001	.611
Intercept	163333.333	1	163333.333	1967.025	<.001	.979
Sexo	168.750	1	168.750	2.032	.161	.046
Alcohol	3332.292	2	1666.146	20.065	<.001	.489
Sexo * Alcohol	1978.125	2	989.062	11.911	<.001	.362
Error	3487.500	42	83.036			
Total	172300.000	48				
Corrected Total	8966.667	47				

a. R Squared = .611 (Adjusted R Squared = .565)

Efectos significativos

Estimaciones del tamaño del efecto

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

2º Analizar > Modelo Lineal General > Univariado (8)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	5479.167[a]	5	1095.833	13.197	<.001	.611

1095.83 / 83.04 = 13.197

5489.167 / 5 = 1095.83

6 medias – 1 = 5

Suma de Cuadrados del Modelo

1º Suma de Cuadrados del Model	
SS_M	5479,17
MS_M	1095,83
df	5

Es la suma de las diferencias entre las medias de cada grupo (6 Grupos) y la media general

$$n(Y - \bar{Y})2$$

2º Suma de Cuadrados Residual	
SS_R	3487,5
MS_R	83,03571
df	42

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

2º Analizar > Modelo Lineal General > Univariado (9)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	5479.167[a]	5	1095.833	13.197	<.001	.611
Corrected Total	8966.667	47				

a. R Squared = .611 (Adjusted R Squared = .565)

$SS_T = SS_M + SS_R$

Combina todos los efectos atribuibles a las variables independientes

η2	0,611059

$\eta^2 = 5479.16 / 8966.67$

$$\frac{\text{Suma de Cuadrados del Modelo}}{\text{Suma de Cuadrados del Total}}$$

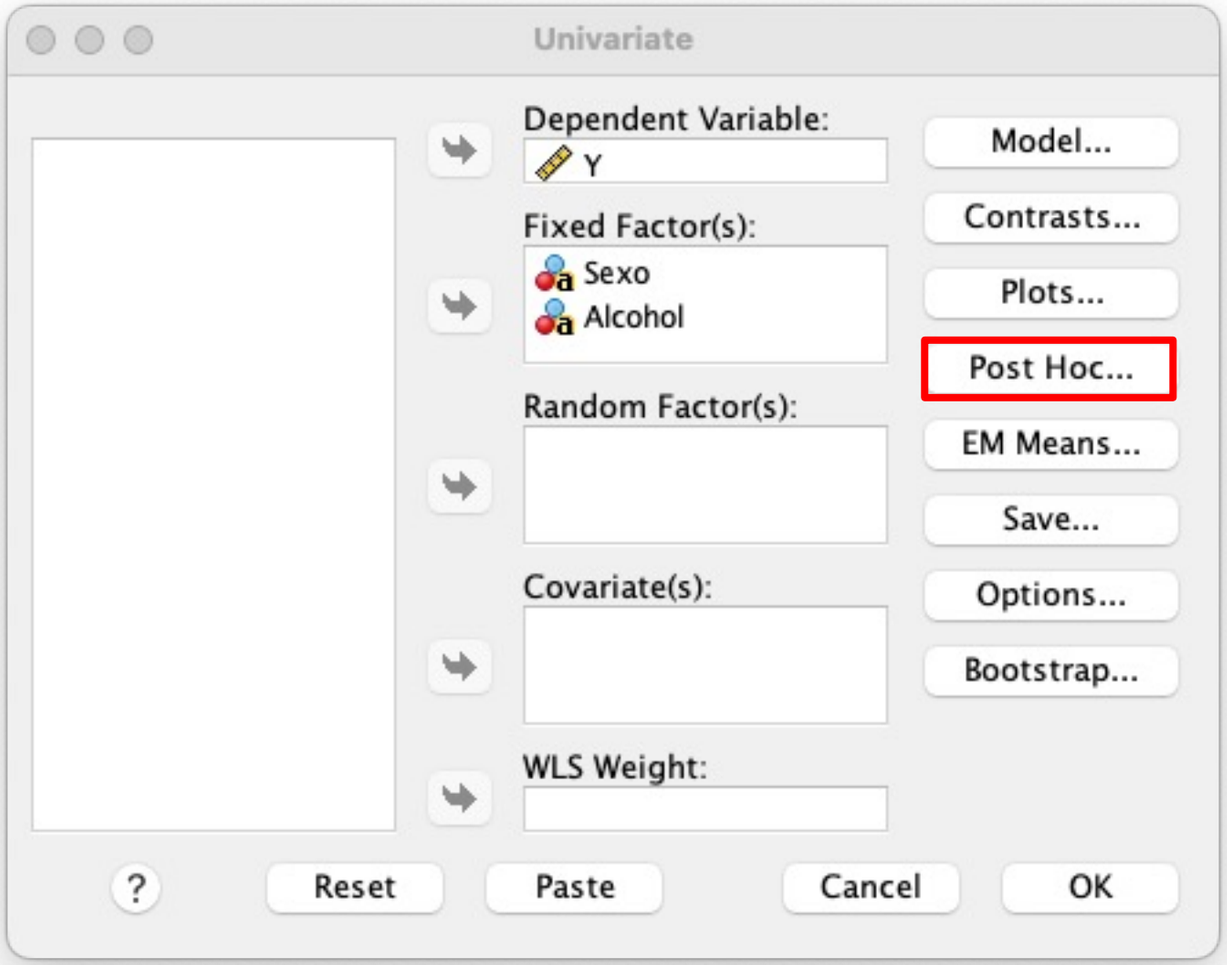
1º Suma de Cuadrados del Model	
SS_M	5479,17
MS_M	1095,83
df	5
η2	0,611059

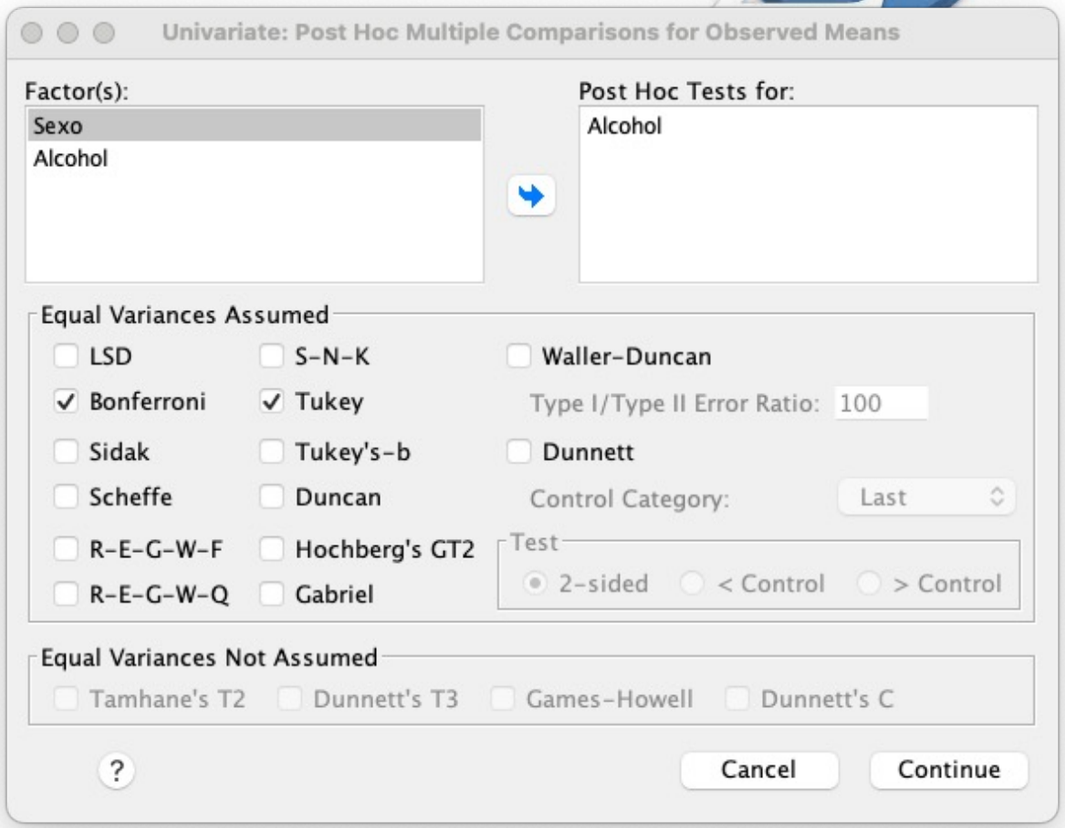
2º Suma de Cuadrados Residual	
SS_R	3487,5
MS_R	83,03571
df	42

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

3º Comparaciones Múltiples (1)

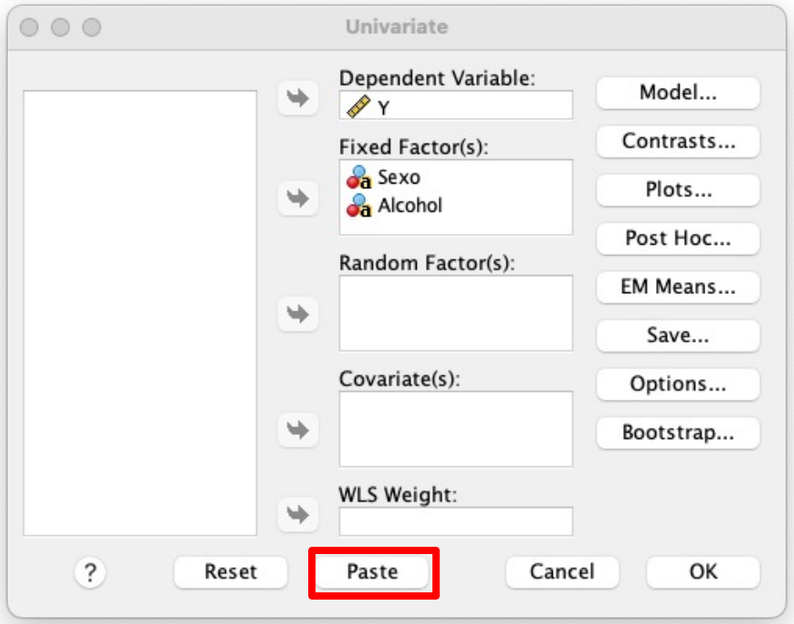




II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

3º Comparaciones Múltiples (2)




```
DATASET ACTIVATE DataSet1.
UNIANOVA Y BY Sexo Alcohol
  /METHOD=SSTYPE(3)
  /INTERCEPT=INCLUDE
  /POSTHOC=Alcohol(TUKEY BONFERRONI)
  /PLOT=PROFILE(Alcohol*Sexo) TYPE=LINE ERRORBAR=NO
MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
  /EMMEANS=TABLES(Sexo)
  /EMMEANS=TABLES(Alcohol)
  /EMMEANS=TABLES(Alcohol*Sexo) COMPARE (Sexo) ADJ (BONFERRONI)
  /EMMEANS=TABLES(Alcohol*Sexo) COMPARE (Alcohol) ADJ (BONFERRONI)
  /PRINT ETASQ DESCRIPTIVE PARAMETER HOMOGENEITY
  /CRITERIA=ALPHA(.05)
  /DESIGN=Sexo Alcohol Sexo*Alcohol.
```

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

3º Comparaciones Múltiples (3)

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

Alcohol	(I) Sexo	(J) Sexo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b] Lower Bound	Upper Bound
0 Cervezas	Femenino	Masculino	-6.250	4.556	.177	-15.445	2.945
	Masculino	Femenino	6.250	4.556	.177	-2.945	15.445
2 Cervezas	Femenino	Masculino	-4.375	4.556	.342	-13.570	4.820
	Masculino	Femenino	4.375	4.556	.342	-4.820	13.570
4 Cervezas	Femenino	Masculino	21.875*	4.556	<.001	12.680	31.070
	Masculino	Femenino	-21.875*	4.556	<.001	-31.070	-12.680

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Las mujeres del grupo de 4 cervezas obtuvieron una puntuación media 21.9 puntos superior a los hombres

Estas son las probabilidades de que las diferencias entre los grupos ocurran por azar

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

3º Comparaciones Múltiples (3)

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Y

Sexo	(I) Alcohol	(J) Alcohol	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b] Lower Bound	Upper Bound
Femenino	0 Cervezas	2 Cervezas	-1.875	4.556	1.000	-13.237	9.487
		4 Cervezas	3.125	4.556	1.000	-8.237	14.487
	2 Cervezas	0 Cervezas	1.875	4.556	1.000	-9.487	13.237
		4 Cervezas	5.000	4.556	.836	-6.362	16.362
	4 Cervezas	0 Cervezas	-3.125	4.556	1.000	-14.487	8.237
		2 Cervezas	-5.000	4.556	.836	-16.362	6.362
Masculino	0 Cervezas	2 Cervezas	-3.553E-15	4.556	1.000	-11.362	11.362
		4 Cervezas	31.250*	4.556	<.001	19.888	42.612
	2 Cervezas	0 Cervezas	3.553E-15	4.556	1.000	-11.362	11.362
		4 Cervezas	31.250*	4.556	<.001	19.888	42.612
	4 Cervezas	0 Cervezas	-31.250*	4.556	<.001	-42.612	-19.888
		2 Cervezas	-31.250*	4.556	<.001	-42.612	-19.888

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

No se encontraron diferencias entre los grupos de mujeres

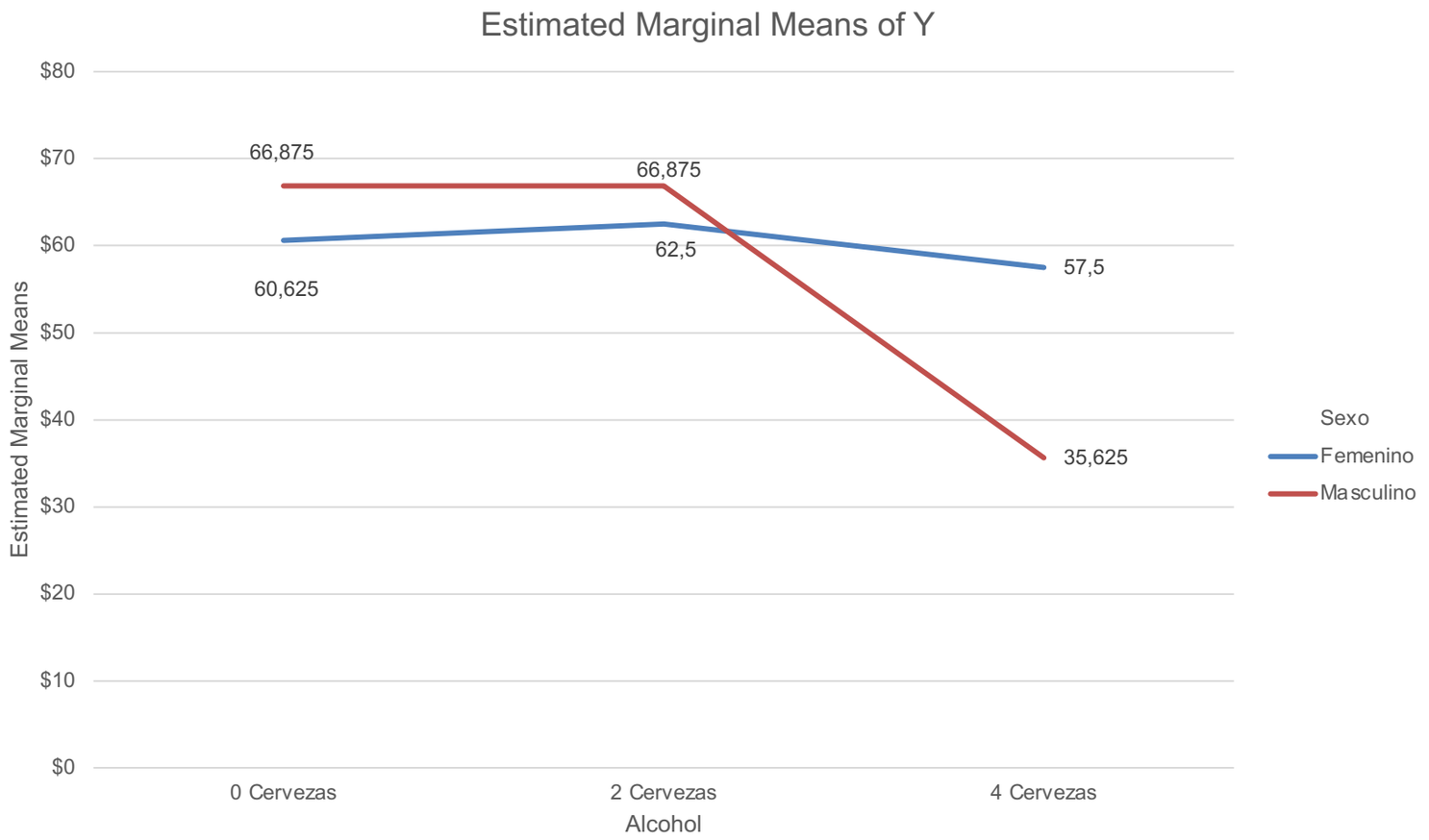
Se encontraron diferencias entre los grupos de hombres

Estas son las probabilidades de que las diferencias entre los grupos ocurran por azar

II. Cálculo de ANOVA con R y SPSS

SPSS

3º Comparaciones Múltiples (3)





III. Soluciones a algunos problemas comunes

III. Soluciones a algunos problemas comunes

Falta de homogeneidad de las varianzas

Hay tres enfoques principalmente:

- Usar un nivel de confianza más restrictivo, por ejemplo .01 (Keppel and Wickens, 2004)
- Transformar las puntuaciones originales
- Emplear la *F* del Welch

Problemas de normalidad

- Utilizar variantes robustas de ANOVA (Wilcox, 2005) Bootstrapping
- Pruebas no paramétricas (Kruskal Wallis)

Referencias

Agresti, A., & Franklin, C. (2014). *Statistics The Art & Science of learning from Data*. Pearson.

Doncaster, C. P., & Davey, A. J. H. (2007). *Analysis of variance and covariance: How to choose and construct models for the life sciences* (Vol. 140, Issue 4). Cambridge.

Keppel, G., & Wickens, T. D. (2004). *Design and analysis: A researcher's handbook* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall

Searle, S. R., Casella, G., & McCulloch, C. E. (1992). *Variance components*. John wiley & Sons.

Wilcox, R. R. (2005). *Introduction to robust estimation and hypothesis testing* (2nd ed.). Elsevier.