

HW_02.R

jairo

2025-09-04

```
# HW_02, Asginación 3 Contraste de medias
# Trabajar con datos en R
# Jairo Alberto Leal Gómez
# Matricula 1723093
# DCOMRN 1 semestre - Estadística en la Investigación Científica

# Base de datos iris -----

# La base de datos iris es uno de los conjuntos de datos más utilizados en
# estadística y aprendizaje automático. Fue introducida por el estadístico y
# biólogo Ronald A. Fisher (1936) en su artículo The use of multiple measurements
# in taxonomic problems
```

```
iris
```

##	Sepal.Length	Sepal.Width	Petal.Length	Petal.Width	Species
## 1	5.1	3.5	1.4	0.2	setosa
## 2	4.9	3.0	1.4	0.2	setosa
## 3	4.7	3.2	1.3	0.2	setosa
## 4	4.6	3.1	1.5	0.2	setosa
## 5	5.0	3.6	1.4	0.2	setosa
## 6	5.4	3.9	1.7	0.4	setosa
## 7	4.6	3.4	1.4	0.3	setosa
## 8	5.0	3.4	1.5	0.2	setosa
## 9	4.4	2.9	1.4	0.2	setosa
## 10	4.9	3.1	1.5	0.1	setosa
## 11	5.4	3.7	1.5	0.2	setosa
## 12	4.8	3.4	1.6	0.2	setosa
## 13	4.8	3.0	1.4	0.1	setosa
## 14	4.3	3.0	1.1	0.1	setosa
## 15	5.8	4.0	1.2	0.2	setosa
## 16	5.7	4.4	1.5	0.4	setosa
## 17	5.4	3.9	1.3	0.4	setosa
## 18	5.1	3.5	1.4	0.3	setosa
## 19	5.7	3.8	1.7	0.3	setosa
## 20	5.1	3.8	1.5	0.3	setosa
## 21	5.4	3.4	1.7	0.2	setosa
## 22	5.1	3.7	1.5	0.4	setosa
## 23	4.6	3.6	1.0	0.2	setosa
## 24	5.1	3.3	1.7	0.5	setosa
## 25	4.8	3.4	1.9	0.2	setosa

## 26	5.0	3.0	1.6	0.2	setosa
## 27	5.0	3.4	1.6	0.4	setosa
## 28	5.2	3.5	1.5	0.2	setosa
## 29	5.2	3.4	1.4	0.2	setosa
## 30	4.7	3.2	1.6	0.2	setosa
## 31	4.8	3.1	1.6	0.2	setosa
## 32	5.4	3.4	1.5	0.4	setosa
## 33	5.2	4.1	1.5	0.1	setosa
## 34	5.5	4.2	1.4	0.2	setosa
## 35	4.9	3.1	1.5	0.2	setosa
## 36	5.0	3.2	1.2	0.2	setosa
## 37	5.5	3.5	1.3	0.2	setosa
## 38	4.9	3.6	1.4	0.1	setosa
## 39	4.4	3.0	1.3	0.2	setosa
## 40	5.1	3.4	1.5	0.2	setosa
## 41	5.0	3.5	1.3	0.3	setosa
## 42	4.5	2.3	1.3	0.3	setosa
## 43	4.4	3.2	1.3	0.2	setosa
## 44	5.0	3.5	1.6	0.6	setosa
## 45	5.1	3.8	1.9	0.4	setosa
## 46	4.8	3.0	1.4	0.3	setosa
## 47	5.1	3.8	1.6	0.2	setosa
## 48	4.6	3.2	1.4	0.2	setosa
## 49	5.3	3.7	1.5	0.2	setosa
## 50	5.0	3.3	1.4	0.2	setosa
## 51	7.0	3.2	4.7	1.4	versicolor
## 52	6.4	3.2	4.5	1.5	versicolor
## 53	6.9	3.1	4.9	1.5	versicolor
## 54	5.5	2.3	4.0	1.3	versicolor
## 55	6.5	2.8	4.6	1.5	versicolor
## 56	5.7	2.8	4.5	1.3	versicolor
## 57	6.3	3.3	4.7	1.6	versicolor
## 58	4.9	2.4	3.3	1.0	versicolor
## 59	6.6	2.9	4.6	1.3	versicolor
## 60	5.2	2.7	3.9	1.4	versicolor
## 61	5.0	2.0	3.5	1.0	versicolor
## 62	5.9	3.0	4.2	1.5	versicolor
## 63	6.0	2.2	4.0	1.0	versicolor
## 64	6.1	2.9	4.7	1.4	versicolor
## 65	5.6	2.9	3.6	1.3	versicolor
## 66	6.7	3.1	4.4	1.4	versicolor
## 67	5.6	3.0	4.5	1.5	versicolor
## 68	5.8	2.7	4.1	1.0	versicolor
## 69	6.2	2.2	4.5	1.5	versicolor
## 70	5.6	2.5	3.9	1.1	versicolor
## 71	5.9	3.2	4.8	1.8	versicolor
## 72	6.1	2.8	4.0	1.3	versicolor
## 73	6.3	2.5	4.9	1.5	versicolor
## 74	6.1	2.8	4.7	1.2	versicolor
## 75	6.4	2.9	4.3	1.3	versicolor
## 76	6.6	3.0	4.4	1.4	versicolor
## 77	6.8	2.8	4.8	1.4	versicolor
## 78	6.7	3.0	5.0	1.7	versicolor
## 79	6.0	2.9	4.5	1.5	versicolor

## 80	5.7	2.6	3.5	1.0 versicolor
## 81	5.5	2.4	3.8	1.1 versicolor
## 82	5.5	2.4	3.7	1.0 versicolor
## 83	5.8	2.7	3.9	1.2 versicolor
## 84	6.0	2.7	5.1	1.6 versicolor
## 85	5.4	3.0	4.5	1.5 versicolor
## 86	6.0	3.4	4.5	1.6 versicolor
## 87	6.7	3.1	4.7	1.5 versicolor
## 88	6.3	2.3	4.4	1.3 versicolor
## 89	5.6	3.0	4.1	1.3 versicolor
## 90	5.5	2.5	4.0	1.3 versicolor
## 91	5.5	2.6	4.4	1.2 versicolor
## 92	6.1	3.0	4.6	1.4 versicolor
## 93	5.8	2.6	4.0	1.2 versicolor
## 94	5.0	2.3	3.3	1.0 versicolor
## 95	5.6	2.7	4.2	1.3 versicolor
## 96	5.7	3.0	4.2	1.2 versicolor
## 97	5.7	2.9	4.2	1.3 versicolor
## 98	6.2	2.9	4.3	1.3 versicolor
## 99	5.1	2.5	3.0	1.1 versicolor
## 100	5.7	2.8	4.1	1.3 versicolor
## 101	6.3	3.3	6.0	2.5 virginica
## 102	5.8	2.7	5.1	1.9 virginica
## 103	7.1	3.0	5.9	2.1 virginica
## 104	6.3	2.9	5.6	1.8 virginica
## 105	6.5	3.0	5.8	2.2 virginica
## 106	7.6	3.0	6.6	2.1 virginica
## 107	4.9	2.5	4.5	1.7 virginica
## 108	7.3	2.9	6.3	1.8 virginica
## 109	6.7	2.5	5.8	1.8 virginica
## 110	7.2	3.6	6.1	2.5 virginica
## 111	6.5	3.2	5.1	2.0 virginica
## 112	6.4	2.7	5.3	1.9 virginica
## 113	6.8	3.0	5.5	2.1 virginica
## 114	5.7	2.5	5.0	2.0 virginica
## 115	5.8	2.8	5.1	2.4 virginica
## 116	6.4	3.2	5.3	2.3 virginica
## 117	6.5	3.0	5.5	1.8 virginica
## 118	7.7	3.8	6.7	2.2 virginica
## 119	7.7	2.6	6.9	2.3 virginica
## 120	6.0	2.2	5.0	1.5 virginica
## 121	6.9	3.2	5.7	2.3 virginica
## 122	5.6	2.8	4.9	2.0 virginica
## 123	7.7	2.8	6.7	2.0 virginica
## 124	6.3	2.7	4.9	1.8 virginica
## 125	6.7	3.3	5.7	2.1 virginica
## 126	7.2	3.2	6.0	1.8 virginica
## 127	6.2	2.8	4.8	1.8 virginica
## 128	6.1	3.0	4.9	1.8 virginica
## 129	6.4	2.8	5.6	2.1 virginica
## 130	7.2	3.0	5.8	1.6 virginica
## 131	7.4	2.8	6.1	1.9 virginica
## 132	7.9	3.8	6.4	2.0 virginica
## 133	6.4	2.8	5.6	2.2 virginica

```
## 134      6.3      2.8      5.1      1.5 virginica
## 135      6.1      2.6      5.6      1.4 virginica
## 136      7.7      3.0      6.1      2.3 virginica
## 137      6.3      3.4      5.6      2.4 virginica
## 138      6.4      3.1      5.5      1.8 virginica
## 139      6.0      3.0      4.8      1.8 virginica
## 140      6.9      3.1      5.4      2.1 virginica
## 141      6.7      3.1      5.6      2.4 virginica
## 142      6.9      3.1      5.1      2.3 virginica
## 143      5.8      2.7      5.1      1.9 virginica
## 144      6.8      3.2      5.9      2.3 virginica
## 145      6.7      3.3      5.7      2.5 virginica
## 146      6.7      3.0      5.2      2.3 virginica
## 147      6.3      2.5      5.0      1.9 virginica
## 148      6.5      3.0      5.2      2.0 virginica
## 149      6.2      3.4      5.4      2.3 virginica
## 150      5.9      3.0      5.1      1.8 virginica
```

```
iris <- iris
head(iris)
```

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

```
# Ejercicio -----
```

```
# Primer contacto con R
```

```
# Selección de especies: elija las especies versicolor y virginica de la base
# y enfoque su análisis en la variable Petal.Length
```

```
data_sub <- subset(iris, Species %in% c("versicolor", "virginica"))
```

```
# Explorar la base de datos iris usando funciones como head(), summary()
```

```
head(data_sub)
```

```
## Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width Species
## 51      7.0      3.2      4.7      1.4 versicolor
## 52      6.4      3.2      4.5      1.5 versicolor
## 53      6.9      3.1      4.9      1.5 versicolor
## 54      5.5      2.3      4.0      1.3 versicolor
## 55      6.5      2.8      4.6      1.5 versicolor
## 56      5.7      2.8      4.5      1.3 versicolor
```

```
summary(data_sub)
```

```
## Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width
## Min. :4.900 Min. :2.000 Min. :3.000 Min. :1.000
## 1st Qu.:5.800 1st Qu.:2.700 1st Qu.:4.375 1st Qu.:1.300
## Median :6.300 Median :2.900 Median :4.900 Median :1.600
```

```
## Mean :6.262 Mean :2.872 Mean :4.906 Mean :1.676
## 3rd Qu.:6.700 3rd Qu.:3.025 3rd Qu.:5.525 3rd Qu.:2.000
## Max. :7.900 Max. :3.800 Max. :6.900 Max. :2.500
## Species
## setosa : 0
## versicolor:50
## virginica :50
##
##
##
```

```
# Identificar las variables Petal.Length y determina las estadísticas
# descriptivas para las dos especies.
```

```
summary(data_sub$Petal.Length)
```

```
## Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
## 3.000 4.375 4.900 4.906 5.525 6.900
```

```
data_sub
```

```
## Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width Species
## 51 7.0 3.2 4.7 1.4 versicolor
## 52 6.4 3.2 4.5 1.5 versicolor
## 53 6.9 3.1 4.9 1.5 versicolor
## 54 5.5 2.3 4.0 1.3 versicolor
## 55 6.5 2.8 4.6 1.5 versicolor
## 56 5.7 2.8 4.5 1.3 versicolor
## 57 6.3 3.3 4.7 1.6 versicolor
## 58 4.9 2.4 3.3 1.0 versicolor
## 59 6.6 2.9 4.6 1.3 versicolor
## 60 5.2 2.7 3.9 1.4 versicolor
## 61 5.0 2.0 3.5 1.0 versicolor
## 62 5.9 3.0 4.2 1.5 versicolor
## 63 6.0 2.2 4.0 1.0 versicolor
## 64 6.1 2.9 4.7 1.4 versicolor
## 65 5.6 2.9 3.6 1.3 versicolor
## 66 6.7 3.1 4.4 1.4 versicolor
## 67 5.6 3.0 4.5 1.5 versicolor
## 68 5.8 2.7 4.1 1.0 versicolor
## 69 6.2 2.2 4.5 1.5 versicolor
## 70 5.6 2.5 3.9 1.1 versicolor
## 71 5.9 3.2 4.8 1.8 versicolor
## 72 6.1 2.8 4.0 1.3 versicolor
## 73 6.3 2.5 4.9 1.5 versicolor
## 74 6.1 2.8 4.7 1.2 versicolor
## 75 6.4 2.9 4.3 1.3 versicolor
## 76 6.6 3.0 4.4 1.4 versicolor
## 77 6.8 2.8 4.8 1.4 versicolor
## 78 6.7 3.0 5.0 1.7 versicolor
## 79 6.0 2.9 4.5 1.5 versicolor
## 80 5.7 2.6 3.5 1.0 versicolor
## 81 5.5 2.4 3.8 1.1 versicolor
## 82 5.5 2.4 3.7 1.0 versicolor
## 83 5.8 2.7 3.9 1.2 versicolor
## 84 6.0 2.7 5.1 1.6 versicolor
```

## 85	5.4	3.0	4.5	1.5 versicolor
## 86	6.0	3.4	4.5	1.6 versicolor
## 87	6.7	3.1	4.7	1.5 versicolor
## 88	6.3	2.3	4.4	1.3 versicolor
## 89	5.6	3.0	4.1	1.3 versicolor
## 90	5.5	2.5	4.0	1.3 versicolor
## 91	5.5	2.6	4.4	1.2 versicolor
## 92	6.1	3.0	4.6	1.4 versicolor
## 93	5.8	2.6	4.0	1.2 versicolor
## 94	5.0	2.3	3.3	1.0 versicolor
## 95	5.6	2.7	4.2	1.3 versicolor
## 96	5.7	3.0	4.2	1.2 versicolor
## 97	5.7	2.9	4.2	1.3 versicolor
## 98	6.2	2.9	4.3	1.3 versicolor
## 99	5.1	2.5	3.0	1.1 versicolor
## 100	5.7	2.8	4.1	1.3 versicolor
## 101	6.3	3.3	6.0	2.5 virginica
## 102	5.8	2.7	5.1	1.9 virginica
## 103	7.1	3.0	5.9	2.1 virginica
## 104	6.3	2.9	5.6	1.8 virginica
## 105	6.5	3.0	5.8	2.2 virginica
## 106	7.6	3.0	6.6	2.1 virginica
## 107	4.9	2.5	4.5	1.7 virginica
## 108	7.3	2.9	6.3	1.8 virginica
## 109	6.7	2.5	5.8	1.8 virginica
## 110	7.2	3.6	6.1	2.5 virginica
## 111	6.5	3.2	5.1	2.0 virginica
## 112	6.4	2.7	5.3	1.9 virginica
## 113	6.8	3.0	5.5	2.1 virginica
## 114	5.7	2.5	5.0	2.0 virginica
## 115	5.8	2.8	5.1	2.4 virginica
## 116	6.4	3.2	5.3	2.3 virginica
## 117	6.5	3.0	5.5	1.8 virginica
## 118	7.7	3.8	6.7	2.2 virginica
## 119	7.7	2.6	6.9	2.3 virginica
## 120	6.0	2.2	5.0	1.5 virginica
## 121	6.9	3.2	5.7	2.3 virginica
## 122	5.6	2.8	4.9	2.0 virginica
## 123	7.7	2.8	6.7	2.0 virginica
## 124	6.3	2.7	4.9	1.8 virginica
## 125	6.7	3.3	5.7	2.1 virginica
## 126	7.2	3.2	6.0	1.8 virginica
## 127	6.2	2.8	4.8	1.8 virginica
## 128	6.1	3.0	4.9	1.8 virginica
## 129	6.4	2.8	5.6	2.1 virginica
## 130	7.2	3.0	5.8	1.6 virginica
## 131	7.4	2.8	6.1	1.9 virginica
## 132	7.9	3.8	6.4	2.0 virginica
## 133	6.4	2.8	5.6	2.2 virginica
## 134	6.3	2.8	5.1	1.5 virginica
## 135	6.1	2.6	5.6	1.4 virginica
## 136	7.7	3.0	6.1	2.3 virginica
## 137	6.3	3.4	5.6	2.4 virginica
## 138	6.4	3.1	5.5	1.8 virginica

```
## 139      6.0      3.0      4.8      1.8 virginica
## 140      6.9      3.1      5.4      2.1 virginica
## 141      6.7      3.1      5.6      2.4 virginica
## 142      6.9      3.1      5.1      2.3 virginica
## 143      5.8      2.7      5.1      1.9 virginica
## 144      6.8      3.2      5.9      2.3 virginica
## 145      6.7      3.3      5.7      2.5 virginica
## 146      6.7      3.0      5.2      2.3 virginica
## 147      6.3      2.5      5.0      1.9 virginica
## 148      6.5      3.0      5.2      2.0 virginica
## 149      6.2      3.4      5.4      2.3 virginica
## 150      5.9      3.0      5.1      1.8 virginica
```

```
versicolor <- data_sub$Petal.Length[data_sub$Species == "versicolor"]
virginica <- data_sub$Petal.Length[data_sub$Species == "virginica"]

mean(versicolor)
```

```
## [1] 4.26
```

```
summary(versicolor)
```

```
##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##      3.00   4.00   4.35   4.26   4.60   5.10
```

```
mean(virginica)
```

```
## [1] 5.552
```

```
summary(virginica)
```

```
##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##      4.500   5.100   5.550   5.552   5.875   6.900
```

```
# Prueba estadística
```

```
# Defina una pregunta de investigación sobre la variable Petal.Length
```

```
# ¿Existe una diferencia significativa en la longitud de los pétalos
# (Petal.Length) entre dos especies de Iris?
```

```
# Plantee formalmente las hipótesis estadísticas para una prueba t
# de dos muestras independientes (two.sided).
```

```
# Ho = no hay diferencia en la longitud promedio de los pétalos
# H1 = sí hay diferencia en la longitud promedio de los pétalos
```

```
# Ejecute la prueba en R justificando el tipo de prueba (Welch cuando las
# varianzas son diferentes o clásica, cuando las varianzas son iguales).
```

```
var.test(versicolor, virginica)
```

```
##
```

```
## F test to compare two variances
```

```
##
```

```
## data: versicolor and virginica
```

```
## F = 0.72497, num df = 49, denom df = 49, p-value = 0.2637
```

```
## alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
```

```
## 95 percent confidence interval:
## 0.411402 1.277530
## sample estimates:
## ratio of variances
## 0.7249678

# Si p-value < 0.05 + varianzas diferentes + Welch
# Si p-value >= 0.05 + varianzas iguales + t-test clásico

t.test(versicolor, virginica, alternative = "two.sided",
       var.equal = T, paired = T)

##
## Paired t-test
##
## data: versicolor and virginica
## t = -12.091, df = 49, p-value = 2.562e-16
## alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -1.506744 -1.077256
## sample estimates:
## mean difference
## -1.292

# Calcule e interprete el tamaño del efecto (Cohen's d).

library(effsize)

help("cohen.d")

## starting httpd help server ... done

cohen.d(versicolor, virginica, hedges.correction = TRUE)

##
## Hedges's g
##
## g estimate: -2.501415 (large)
## 95 percent confidence interval:
## lower upper
## -3.027189 -1.975641

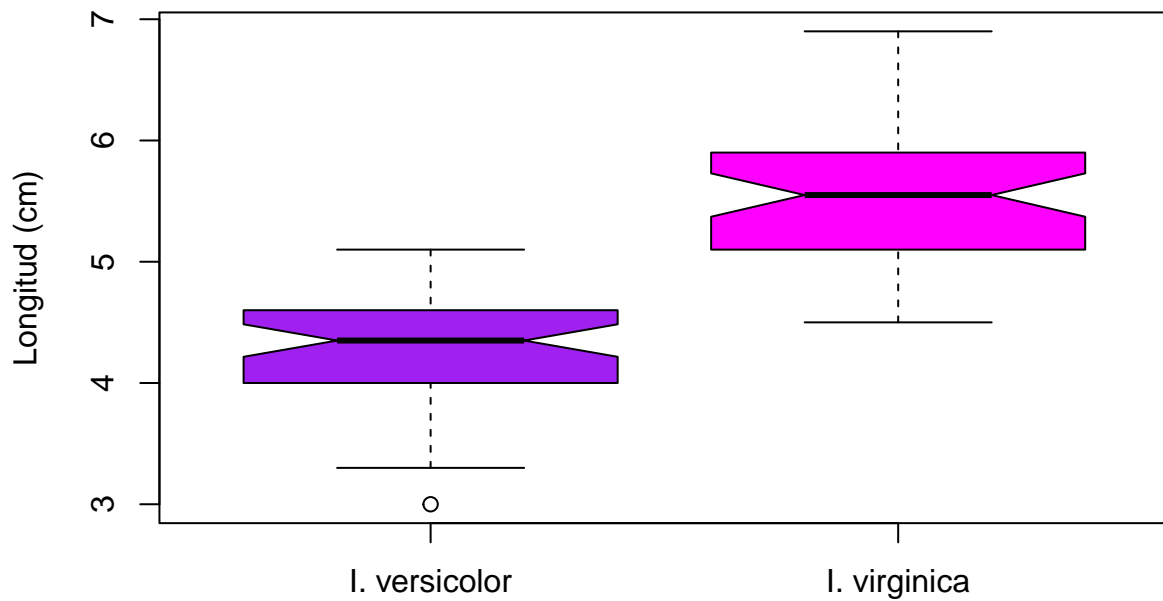
# Visualización

# Genere una gráfica comparativa (boxplot, violinplot, etc.) que muestre
# las diferencias entre especies.

data <- c("I. versicolor", "I. virginica")

boxplot(versicolor, virginica,
       main = "Longitud de petalo (Iris)",
       col= c("purple","magenta"),
       notch= TRUE,
       ylab = "Longitud (cm)",
       names = data)
```

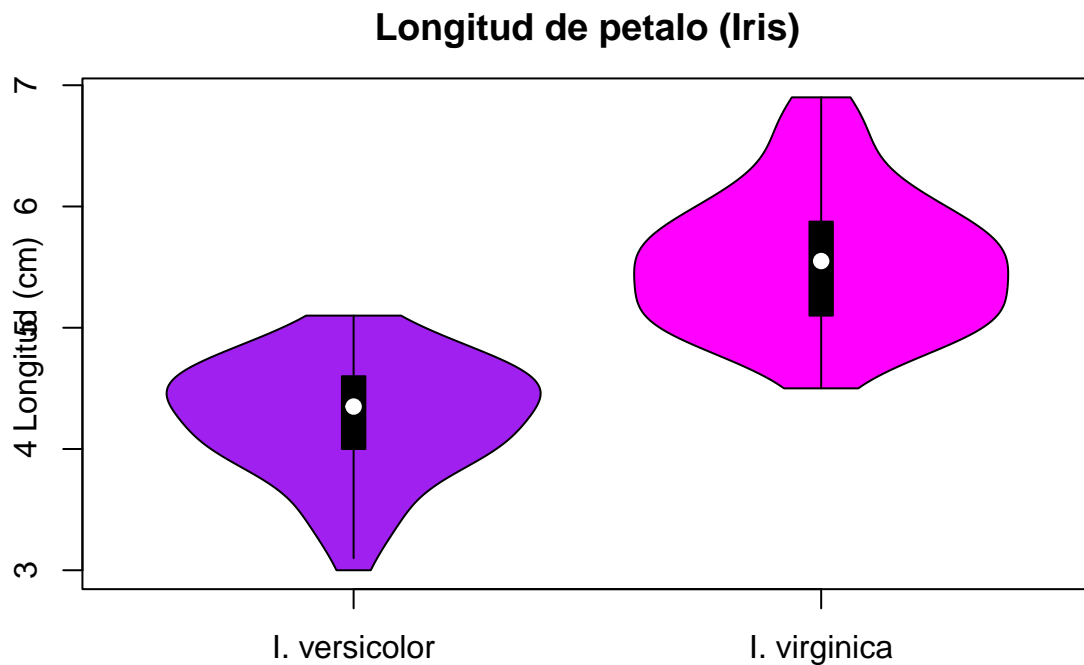

Longitud de petalo (Iris)



```
library(vioplplot)
```

```
## Cargando paquete requerido: sm
## Package 'sm', version 2.2-6.0: type help(sm) for summary information
## Cargando paquete requerido: zoo
##
## Adjuntando el paquete: 'zoo'
##
## The following objects are masked from 'package:base':
##
##   as.Date, as.Date.numeric
```

```
vioplplot(versicolor, virginica,
  main = "Longitud de petalo (Iris)",
  col= c("purple","magenta"),
  ylab = "Longitud (cm)",
  names = data)
```



Informe Final

Planteamiento del problema e hipótesis

El dataset iris constituye uno de los conjuntos de datos más empleados en análisis estadístico y biológico. Una de las variables medidas es la longitud del pétalo # (Petal.Length), que varía entre las tres especies registradas.

La pregunta de investigación fue: ¿Existe una diferencia significativa en # la longitud de los pétalos entre Iris versicolor e Iris virginica?

Para responderla, se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

*# Ho = no hay diferencia en la longitud promedio de los pétalos
H1 = sí hay diferencia en la longitud promedio de los pétalos*

Resultados numéricos y gráficos

```
var.test(versicolor, virginica)
```

```
##
```

```
## F test to compare two variances
```

```
##
```

```
## data: versicolor and virginica
```

```
## F = 0.72497, num df = 49, denom df = 49, p-value = 0.2637
```

```
## alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
## 95 percent confidence interval:
## 0.411402 1.277530
## sample estimates:
## ratio of variances
## 0.7249678

# Se realizó una prueba F de homogeneidad de varianzas, la cual indicó que
# las varianzas no son significativamente diferentes entre si (p > 0.05),
# por lo que se cumple con el supuesto de homogeneidad de varianzas, lo que
# justifica el hecho de utilizar una prueba clasica de t, asi mismo, se
# procedio a realizar una prueba de Cohen's

# A continuación se muestran los valores promedios y resumen estadístico de
# cada especie, así como los resultados de las pruebas de t y de Cohen.

# Longitud promedio del petalo de Iris versicolor: 4.26 cm

mean(versicolor)

## [1] 4.26

summary(versicolor)

##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##      3.00   4.00   4.35   4.26   4.60   5.10

# Longitud promedio del petalo de Iris virginica: 5.552 cm

mean(virginica)

## [1] 5.552

summary(virginica)

##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##      4.500   5.100   5.550   5.552   5.875   6.900

# Resultado prueba t con un p-value < 2.562e-16 (< 0.001)

t.test(versicolor, virginica, alternative = "two.sided",
       var.equal = T, paired = T)

##
## Paired t-test
##
## data: versicolor and virginica
## t = -12.091, df = 49, p-value = 2.562e-16
## alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -1.506744 -1.077256
## sample estimates:
## mean difference
## -1.292

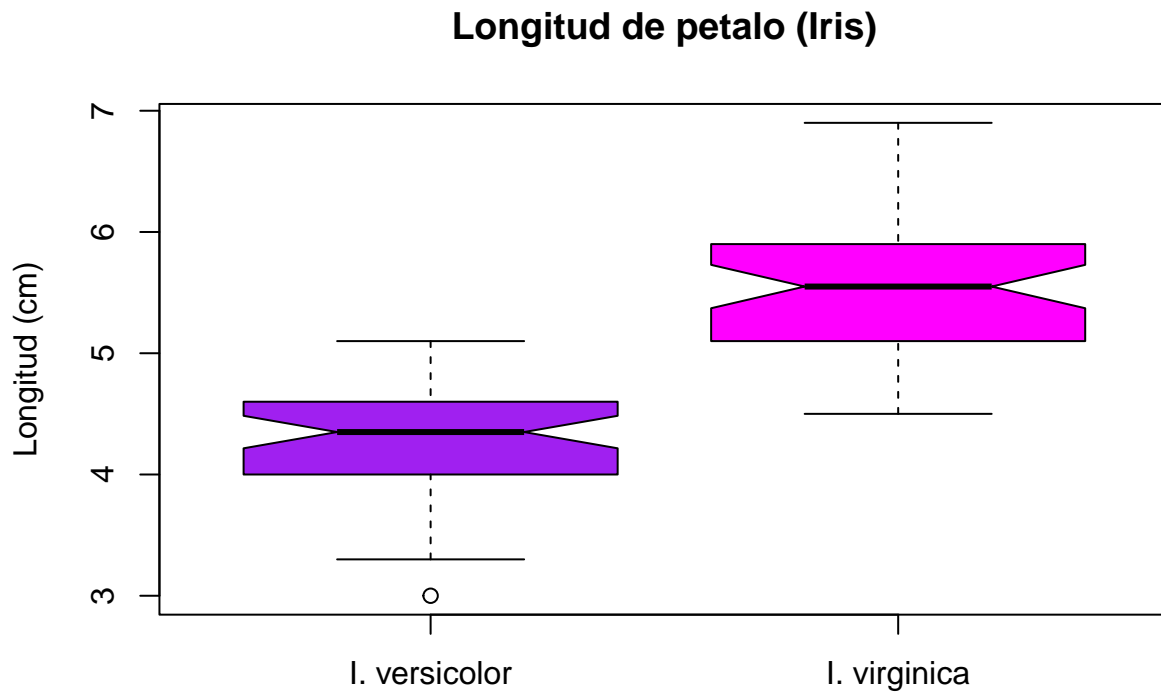
# Resultado prueba de Cohen's d = -2.501415 (large o diferencia muy grande)

cohen.d(versicolor, virginica, hedges.correction = TRUE)
```

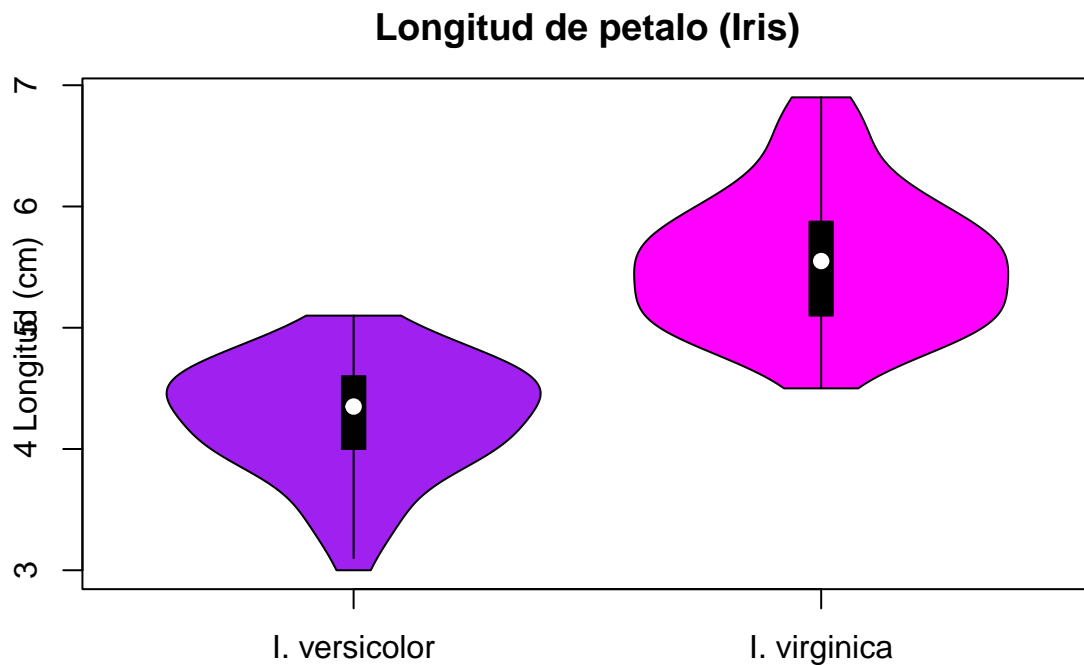
```
##
## Hedges's g
##
## g estimate: -2.501415 (large)
## 95 percent confidence interval:
##      lower      upper
## -3.027189 -1.975641

# Gráficamente, la separación o diferencia ente la longiud del petalo de ambas
# especies es clara (Figura 1).

boxplot(versicolor, virginica,
        main = "Longitud de petalo (Iris)",
        col= c("purple","magenta"),
        notch= TRUE,
        ylab = "Longitud (cm)",
        names = data)
```



```
vioplot(versicolor, virginica,
        main = "Longitud de petalo (Iris)",
        col= c("purple","magenta"),
        ylab = "Longitud (cm)",
        names = data)
```



Interpretación estadística y biológica

El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p < 0.001$) en la longitud promedio de los pétalos entre Iris versicolor y Iris virginica
El tamaño del efecto (Cohen's $d = -2.5$) confirma que la magnitud de esta diferencia es muy grande, lo cual implica una clara separación entre las especies en este rasgo morfológico.

Desde una perspectiva biológica, la longitud de pétalos representa un carácter floral clave para la atracción de polinizadores y un criterio taxonómico robusto para distinguir entre especies. De esta forma, la evidencia estadística respalda la importancia de la morfología floral como un rasgo diferenciador entre Iris versicolor e Iris virginica.