

Tarea Anova.R

Rodrigo García Estrada

2025-09-22

```
# Rodrigo García Estrada  
# 22/09/25  
# Tarea 3  
# Planteamiento del problema
```

```
#Las concentraciones de estroncio (mg/ml) registradas en cinco cuerpos de  
agua:  
#Grayson's Pond, Beaver Lake, Angler's Cove, Appletree Lake y Rock River.  
Cada sitio contó con seis  
#repeticiones independientes. Se observa que Rock River presenta Las  
concentraciones más elevadas,  
#con valores consistentemente superiores al resto de Los sitios. En  
contraste, Grayson's Pond mostró  
#los niveles más bajos, mientras que Beaver Lake, Angler's Cove y Appletree  
Lake presentaron valores  
#intermedios y relativamente cercanos entre sí.  
#Este patrón sugiere la existencia de diferencias significativas entre  
sitios, lo cual motiva la aplicación  
#de un ANOVA de una vía seguido de pruebas post-hoc (LSD y Tukey HSD) para  
identificar con  
#precisión qué grupos difieren estadísticamente en sus medias.
```

```
Estroncio <- read.csv("C:/Users/Usuario/Downloads/Estroncio.csv", header =  
TRUE)  
View(Estroncio)
```

```
#se presentan la hipótesis  
#H0: Todas las medias son iguales  
# H1: Solo una media difiere
```

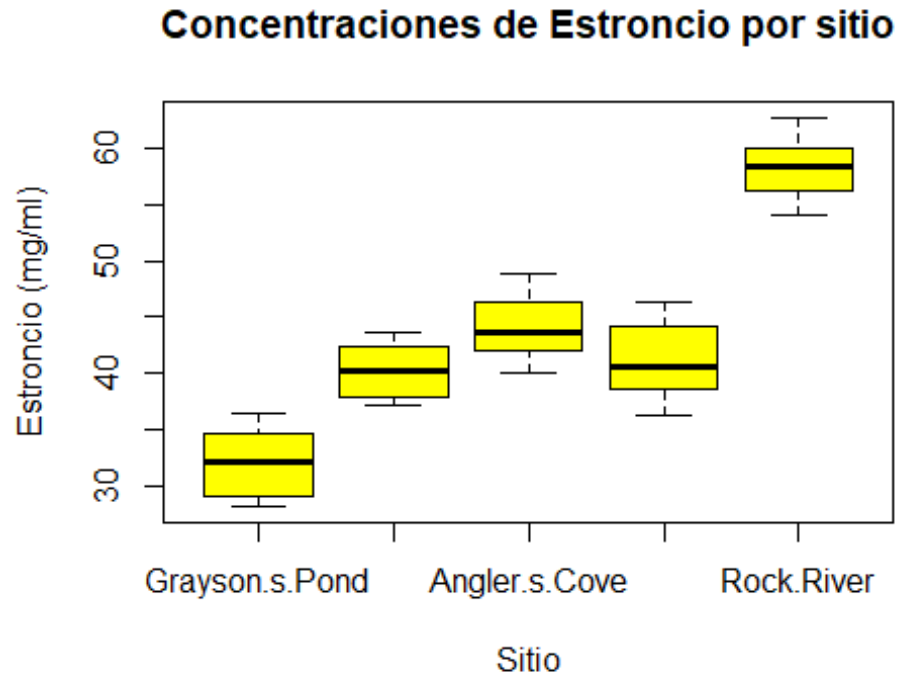
```
estroncio_largo <- stack(Estroncio[, -1])  
colnames(estroncio_largo) <- c("Estroncio", "Sitio")  
estroncio_largo$Sitio <- as.factor(estroncio_largo$Sitio)  
tapply(estroncio_largo$Estroncio, estroncio_largo$Sitio, mean)
```

##	Grayson.s.Pond	Beaver.Lake	Angler.s.Cove	Appletree.Lake	Rock.River
##	32.08333	40.23333	44.08333	41.10000	58.30000

```
tapply(estroncio_largo$Estroncio, estroncio_largo$Sitio, var)
```

##	Grayson.s.Pond	Beaver.Lake	Angler.s.Cove	Appletree.Lake	Rock.River
##	10.273667	6.402667	9.489667	13.440000	9.220000

```
boxplot(Estroncio ~ Sitio, data = estroncio_largo, col = "yellow",
        main = "Concentraciones de Estroncio por sitio", ylab = "Estroncio
(mg/ml)")
```



```
shapiro.test(estroncio_largo$Estroncio)
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  estroncio_largo$Estroncio
## W = 0.94235, p-value = 0.1052
```

```
by(estroncio_largo$Estroncio, estroncio_largo$Sitio, shapiro.test)
```

```
## estroncio_largo$Sitio: Grayson.s.Pond
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  dd[x, ]
## W = 0.95674, p-value = 0.7943
##
```

```
## -----
```

```
## estroncio_largo$Sitio: Beaver.Lake
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  dd[x, ]
```

```

## W = 0.96163, p-value = 0.8322
##
## -----
## estroncio_largo$Sitio: Angler.s.Cove
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data: dd[x, ]
## W = 0.97181, p-value = 0.9044
##
## -----
## estroncio_largo$Sitio: Appletree.Lake
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data: dd[x, ]
## W = 0.9784, p-value = 0.9433
##
## -----
## estroncio_largo$Sitio: Rock.River
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data: dd[x, ]
## W = 0.98937, p-value = 0.9876

bartlett.test(Estroncio ~ Sitio, data = estroncio_largo)

##
## Bartlett test of homogeneity of variances
##
## data: Estroncio by Sitio
## Bartlett's K-squared = 0.63895, df = 4, p-value = 0.9586

estroncio.aov <- aov(Estroncio ~ Sitio, data = estroncio_largo)
summary(estroncio.aov)

##              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## Sitio          4 2193.4    548.4    56.16 3.95e-12 ***
## Residuals     25  244.1      9.8
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

# Rechazo de La H0

library(agricolae)

# Prueba LSD
lsd_resultados <- LSD.test(estroncio.aov, "Sitio", p.adj = "none")
print(lsd_resultados)

```

```

## $statistics
##      MSerror Df  Mean      CV  t.value      LSD
##      9.7652 25 43.16 7.240343 2.059539 3.715779
##
## $parameters
##      test p.adjusted name.t ntr alpha
##      Fisher-LSD      none Sitio  5  0.05
##
## $means
##      Estroncio      std r      se      LCL      UCL  Min  Max
Q25
## Angler.s.Cove  44.08333 3.080530 6 1.275748 41.45588 46.71079 40.1 48.8
42.450
## Appletree.Lake 41.10000 3.666061 6 1.275748 38.47255 43.72745 36.3 46.4
39.000
## Beaver.Lake    40.23333 2.530349 6 1.275748 37.60588 42.86079 37.1 43.6
38.325
## Grayson.s.Pond 32.08333 3.205256 6 1.275748 29.45588 34.71079 28.2 36.4
29.575
## Rock.River     58.30000 3.036445 6 1.275748 55.67255 60.92745 54.1 62.7
56.550
##      Q50      Q75
## Angler.s.Cove 43.60 45.650
## Appletree.Lake 40.60 43.325
## Beaver.Lake    40.20 42.000
## Grayson.s.Pond 32.10 34.250
## Rock.River     58.35 59.850
##
## $comparison
## NULL
##
## $groups
##      Estroncio groups
## Rock.River     58.30000      a
## Angler.s.Cove  44.08333      b
## Appletree.Lake 41.10000     bc
## Beaver.Lake    40.23333      c
## Grayson.s.Pond 32.08333      d
##
## attr(,"class")
## [1] "group"

# Prueba Tukey HSD
tukey_resultados <- TukeyHSD(estroncio.aov, conf.level = 0.95)
print(tukey_resultados)

##      Tukey multiple comparisons of means
##      95% family-wise confidence level
##
## Fit: aov(formula = Estroncio ~ Sitio, data = estroncio_largo)

```

```
##
## $Sitio
##
##          diff      lwr      upr      p adj
## Beaver.Lake-Grayson.s.Pond    8.1500000  2.851355 13.448645 0.0011293
## Angler.s.Cove-Grayson.s.Pond 12.0000000  6.701355 17.298645 0.0000053
## Appletree.Lake-Grayson.s.Pond  9.0166667  3.718021 14.315312 0.0003339
## Rock.River-Grayson.s.Pond    26.2166667 20.918021 31.515312 0.0000000
## Angler.s.Cove-Beaver.Lake      3.8500000 -1.448645  9.148645 0.2376217
## Appletree.Lake-Beaver.Lake     0.8666667 -4.431979  6.165312 0.9884803
## Rock.River-Beaver.Lake        18.0666667 12.768021 23.365312 0.0000000
## Appletree.Lake-Angler.s.Cove  -2.9833333 -8.281979  2.315312 0.4791100
## Rock.River-Angler.s.Cove      14.2166667  8.918021 19.515312 0.0000003
## Rock.River-Appletree.Lake     17.2000000 11.901355 22.498645 0.0000000
```

```
plot(tukey_resultados)
```



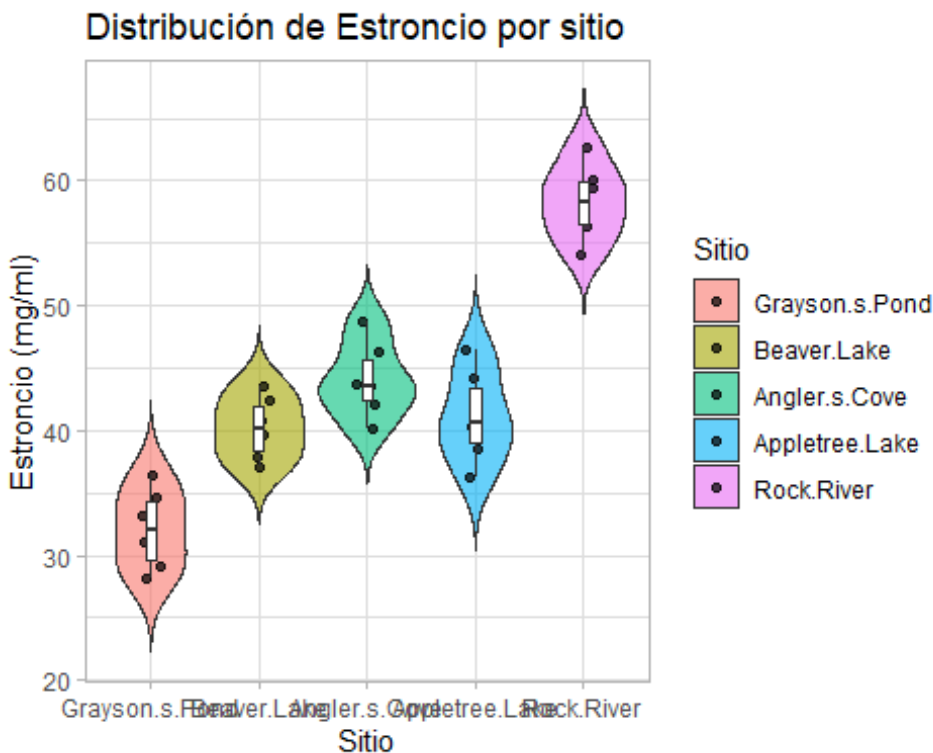
#Calcule la diferencia mínima significativa con Tukey.

```
n <- 6
glerror <- estroncio.aov$df.residual
MSE <- summary(estroncio.aov)[[1]][["Mean Sq"]][2]
k <- length(levels(estroncio_largo$Sitio))
qcrit <- qtkey(0.95, nmeans = k, df = glerror)
MSD <- qcrit * sqrt(MSE/2 * (2/n))
MSD

## [1] 5.298645
```

```
library(ggplot2)
```

```
ggplot(estroncio_largo, aes(x = Sitio, y = Estroncio, fill = Sitio)) +  
  geom_violin(trim = FALSE, alpha = 0.6) +  
  geom_jitter(width = 0.1, alpha = 0.7) +  
  geom_boxplot(width = 0.1, fill = "white", outlier.shape = NA) +  
  theme_light() +  
  labs(  
    title = "Distribución de Estroncio por sitio",  
    y = "Estroncio (mg/ml)",  
    x = "Sitio"  
  )
```



Interpretación

¿Qué cuerpos de agua presentan las concentraciones más altas?

Con base a los resultados obtenidos en la media y en la gráfica de distribución de estroncio, que Rock River presenta las concentraciones más altas de estroncio, ya que el violín está más arriba que todos los sitios, además presenta una media con 58.3 mg/ml, por lo tanto este es el sitio con mayor contaminación.

¿Qué sitios no difieren entre sí?

Al observar los resultados obtenidos al igual que las gráficas resultantes, nos podemos percatar que Anglers Cove, Beaver Lake y Appletree Lake son similares y Rock River está por encima de estos sitios, por lo que pudo

concluir que no gran diferencia entre los sitios mencionados .

Desde el punto de vista ambiental, ¿qué implicaciones podrían tener estas diferencias en la calidad del agua?

Cabe mencionar que el estroncio se encuentra de forma natural en los cuerpos de agua, pero al presentar elevadas concentraciones es un riesgo para la salud humana, el caso de Rock River puede estar expuesto a contaminación o presentar una geología diferente a los demás sitios.

Concentraciones altas de estroncio generan que problemas en el desarrollo óseo de los niños, ya que sustituye el calcio en los huesos.

Altos niveles de estroncio pueden reducir la absorción de calcio y vitamina D en el cuerpo.

Bibliografía

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). (2004).

Reseña Toxicológica del Estroncio (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU.,

Servicio de Salud Pública.

Disponible en

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgltclfindmkaj/https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs159.pdf

Özgür S, Sümner H, Kocoglu G. (1996). Raquitismo y estroncio en el suelo. Arch Dis Child 75:524-526.

Disponible en:

https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Ozg%C3%BCr+S&cauthor_id=9014608