

# Traea-ANOVA.R

Usuario

2025-09-22

```
# María de Jesús Ramírez Navejar
# Matricula: 1965814
# Fecha: 22-09-25

# Datos -----
--

# Datos de concentración de estroncio (mg/mL)
estroncio <- data.frame(
  Sitio = rep(c("Graysons_Pond", "Beaver_Lake", "Anglers_Cove",
               "Appletree_Lake", "Rock_River"), each = 6),
  Valor = c(
    28.2, 33.2, 36.4, 34.6, 29.1, 31.0, # Grayson's Pond
    39.6, 40.8, 37.9, 37.1, 43.6, 42.4, # Beaver Lake
    46.3, 42.1, 43.5, 48.8, 43.7, 40.1, # Angler's Cove
    41.0, 44.1, 46.4, 40.2, 38.6, 36.3, # Appletree Lake
    56.3, 54.1, 59.4, 62.7, 60.0, 57.3 # Rock River
  )
)

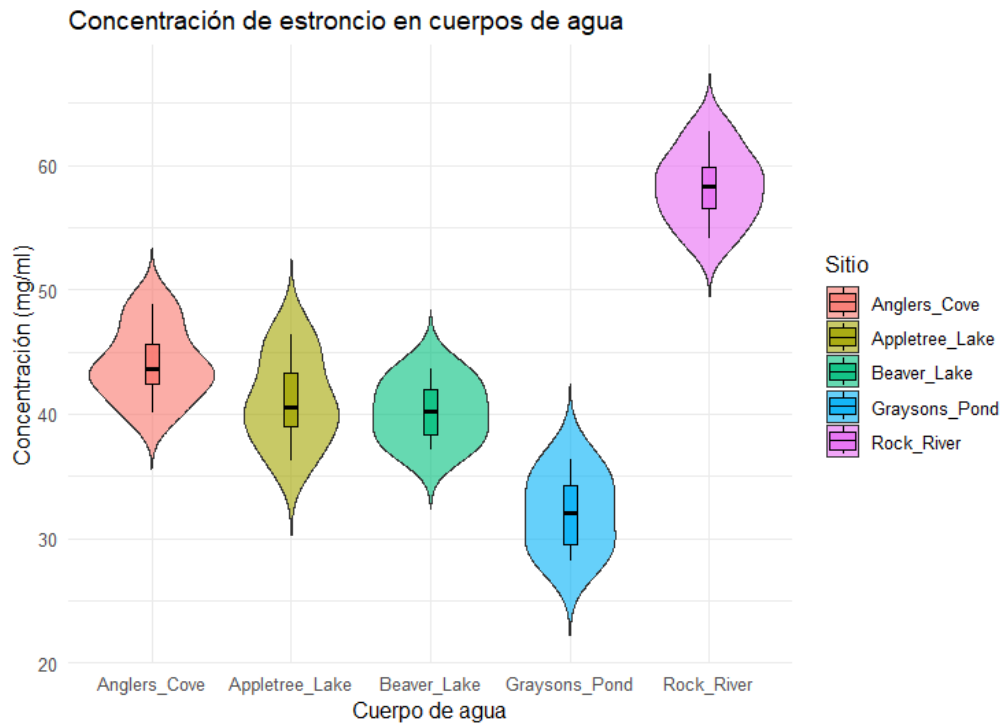
# Ver los primeros registros
head(estroncio)

##           Sitio Valor
## 1 Graysons_Pond  28.2
## 2 Graysons_Pond  33.2
## 3 Graysons_Pond  36.4
## 4 Graysons_Pond  34.6
## 5 Graysons_Pond  29.1
## 6 Graysons_Pond  31.0

# Gráfico de violín para comparar concentraciones por sitio

library(ggplot2)

ggplot(estroncio, aes(x = Sitio, y = Valor, fill = Sitio)) +
  geom_violin(trim = FALSE, alpha = 0.6) + # Forma del violín
  geom_boxplot(width = 0.1, color = "black", alpha = 0.8) + # Caja dentro
  labs(title = "Concentración de estroncio en cuerpos de agua",
       x = "Cuerpo de agua",
       y = "Concentración (mg/ml)") +
  theme_minimal()
```



```
# Hipótesis -----
--

# H0 (nula): No existen diferencias significativas en la concentración
media de estroncio entre los cinco cuerpos de agua.

# H1 (alternativa): Al menos un cuerpo de agua presenta una concentración
# media significativamente diferente.

# Anova (Una vía) -----
--

# ANOVA de una vía
modelo <- aov(Valor ~ Sitio, data = estroncio)

# Tabla de ANOVA
summary(modelo)

##           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
```

```

# Prueba LSD (Fisher) -----
--

# Extraer MSE y gl de la tabla ANOVA
anova_tab <- anova(modelo)
MSE <- anova_tab["Residuals", "Mean Sq"]
gl_error <- anova_tab["Residuals", "Df"]

# Número de réplicas por sitio
n <- 6

# Valor crítico t
t_crit <- qt(0.975, df = gl_error) # 0.975 porque es bilateral con
alfa=0.05

# LSD
LSD <- t_crit * sqrt(2 * MSE / n)
LSD

## [1] 3.715779

# Comparación de medias
# Medias por sitio
medias <- aggregate(Valor ~ Sitio, data = estroncio, mean)
medias

##           Sitio      Valor
## 1 Anglers_Cove 44.08333
## 2 Appletree_Lake 41.10000
## 3 Beaver_Lake 40.23333
## 4 Graysons_Pond 32.08333
## 5 Rock_River 58.30000

# Comparación par a par
comb <- combn(medias$Valor, 2)
diferencias <- abs(comb[1,] - comb[2,])
diferencias

## [1] 2.983333 3.850000 12.000000 14.216667 0.866667 9.016667
## [7] 17.200000 8.150000 18.066667 26.216667

# Ver si superan el LSD
diferencias > LSD

## [1] FALSE TRUE TRUE TRUE FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE

# Prueba de Tukey HSD -----
--

# Prueba Tukey HSD

```

```

tukey <- TukeyHSD(modelo)
tukey

## Tukey multiple comparisons of means
## 95% family-wise confidence level
##
## Fit: aov(formula = Valor ~ Sitio, data = estroncio)
##
## $Sitio
##              diff            lwr            upr            p
adj
## Appletree_Lake-Anglers_Cove -2.9833333 -8.281979  2.315312
0.4791100
## Beaver_Lake-Anglers_Cove    -3.8500000 -9.148645  1.448645
0.2376217
## Graysons_Pond-Anglers_Cove -12.0000000 -17.298645 -6.701355
0.0000053
## Rock_River-Anglers_Cove     14.2166667  8.918021 19.515312
0.0000003
## Beaver_Lake-Appletree_Lake  -0.8666667 -6.165312  4.431979
0.9884803
## Graysons_Pond-Appletree_Lake -9.0166667 -14.315312 -3.718021
0.0003339
## Rock_River-Appletree_Lake    17.2000000 11.901355 22.498645
0.0000000
## Graysons_Pond-Beaver_Lake    -8.1500000 -13.448645 -2.851355
0.0011293
## Rock_River-Beaver_Lake       18.0666667 12.768021 23.365312
0.0000000
## Rock_River-Graysons_Pond     26.2166667 20.918021 31.515312
0.0000000

# Interpretación de resultados -----
--

# El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a las concentraciones de
# estroncio en los cinco cuerpos de agua permitió evaluar si existen
# diferencias significativas entre ellos. Los resultados mostraron que la
# hipótesis nula ( $H_0$ : todas las medias son iguales) se rechaza, lo que
# indica que al menos uno de los sitios presenta una concentración
# promedio de estroncio significativamente distinta de los demás.

# Al analizar los valores medios, se observa que Rock River presentó las
# concentraciones más elevadas, con valores consistentemente por encima
# de 54 mg/ml y alcanzando hasta 62.7 mg/ml. Este comportamiento
# contrasta claramente con Grayson's Pond, que mostró las concentraciones
# más bajas (en el rango de 28-36 mg/ml). Esto sugiere una separación
# marcada entre estos dos cuerpos de agua, confirmada por las pruebas
# post-hoc.

```

# Las pruebas de comparaciones múltiples (LSD y Tukey HSD) mostraron que:

# - Rock River difiere significativamente de todos los demás sitios,  
# lo cual indica que este cuerpo de agua presenta condiciones #  
# particulares que favorecen una acumulación mayor de estroncio.

# - Grayson's Pond se ubicó en el extremo opuesto, con valores  
# significativamente menores respecto al resto.

# Los cuerpos intermedios (Beaver Lake, Angler's Cove y Appletree Lake)  
# no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí,  
# lo que implica que presentan condiciones similares en cuanto a la  
# concentración de este elemento.

# El hecho de que Rock River presente las concentraciones más altas  
# podría estar relacionado con una mayor exposición a fuentes de  
# contaminación, como descargas industriales, escorrentía agrícola o  
# procesos geológicos locales que incrementen la presencia natural del  
# estroncio.

# Este exceso podría representar riesgos tanto para la salud de los  
# organismos acuáticos como para los usuarios del agua, ya que  
# concentraciones elevadas de estroncio pueden afectar procesos  
# biológicos y la calidad general del ecosistema.

# Por otro lado, la baja concentración observada en Grayson's Pond podría  
# interpretarse como una condición más "natural" o menos impactada por  
# actividades humanas, aunque también podría deberse a características  
# fisicoquímicas del agua (pH, dureza, alcalinidad) que limitan la  
# solubilidad del estroncio.

# En conclusión, el análisis estadístico permitió identificar diferencias  
# claras en la distribución espacial del estroncio entre los cuerpos de  
# agua evaluados.

# Esta información es crucial para orientar estrategias de monitoreo  
# ambiental, priorizar sitios de atención y diseñar planes de manejo que  
# busquen mitigar los riesgos asociados a la contaminación por elementos  
# traza en ecosistemas acuáticos.