



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FCF

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Facultad de Ciencias Forestales

Experimentación y Métodos Estadísticos

Actividad 3:

Asignación 3: Análisis de varianza (ANOVA).

Docente: Dr. Marco Aurelio González Tagle

Alumna: Ing. Gabriela Fca. Navarro Aguirre.
Matrícula: 838603

Maestría en Ciencias Forestales

Fecha de entrega: 21 de septiembre de 2025

Análisis de varianza (ANOVA).

1- Introducción

El Análisis de la Varianza (ANOVA) es una técnica estadística que se utiliza para comparar la media de tres o más grupos y determinar si existen diferencias significativas entre ellas. ANOVA te ayuda a saber si hay una diferencia significativa en la media entre los grupos que estás comparando o si cualquier diferencia que hayas observado se debe simplemente al azar.

El ANOVA compara la varianza entre los grupos con la varianza dentro de los grupos. Si la varianza entre los grupos es mayor que la varianza dentro de los grupos, entonces es probable que exista una diferencia significativa en las medias. Si la varianza dentro de los grupos es mayor que la varianza entre los grupos, entonces cualquier diferencia observada en las medias podría ser simplemente aleatoria.

Para este ejercicio se requiere evaluar si existen diferencias significativas en la concentración de estroncio (mg/ml) entre seis sitios de muestreo mediante ANOVA de una vía y pruebas post hoc (LSD y Tukey HSD).

2- Hipótesis (ANOVA)

Se busca determinar si la concentración de estroncio varía significativamente entre los diferentes sitios de muestreo, para lo cual se formularon hipótesis estadísticas.

- Hipótesis nula (H_0): Todas las medias poblacionales son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos una media difiere de las demás.

El ANOVA mostró diferencias significativas entre los sitios ($p < 0.001$), lo que permite rechazar la hipótesis nula y aplicar pruebas post hoc para identificar los grupos homogéneos.

3- Metodología

Datos: Se utilizó un archivo Excel con concentraciones por sitio.

Transformación: Los datos fueron transformados a formato largo con `pivot_longer()` en R.

Análisis: Se aplicó ANOVA de una vía con `aov()`, seguido de pruebas LSD (`LSD.test()`) y Tukey HSD (`TukeyHSD()`).

Software: RStudio versión 4.5 con paquetes readxl, tidyr y agricolae.

4- Resultados

ANOVA: `summary(modelo_anova)`

Resultados del ANOVA de una vía.

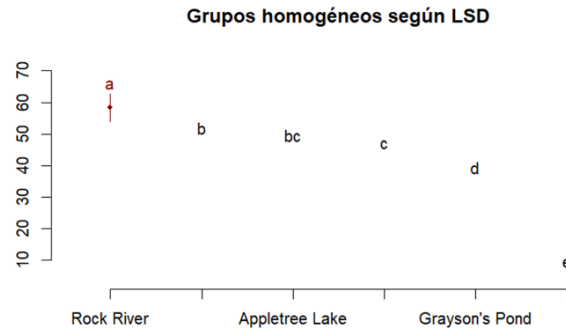
Fuente de variación	Dif	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor F	Valor p
Sitio	5	10058	2011.5	230.6	< 2e-16 ***
Residual	30	262	8.6	—	—

Interpretación: El ANOVA ($F = 230.6$; $p < 0.001$) mostró diferencias significativas en la concentración de estroncio entre los sitios, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se requieren pruebas post hoc para definir grupos homogéneos.

Prueba LSD: `print(prueba_lsd$groups)`

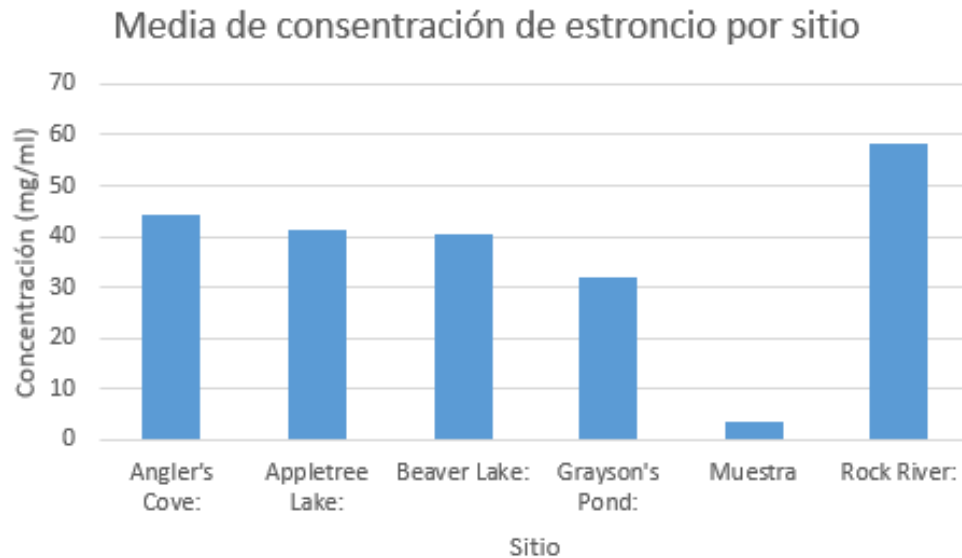
Agrupamiento de medias según prueba LSD.

Sitio	Media	Grupo
Rock River:	58.3	a
Angler's Cove:	44.08	b
Appletree Lake:	41.1	bc
Beaver Lake:	40.23	c
Grayson's Pond:	32.08	d
Muestra	3.5	e



En la gráfica, se puede observar que de los grupos homogéneos obtenidos con prueba LSD ($p < 0.05$) presentan, diferencias significativas entre los sitios evaluados. Rock River mostrando las concentraciones más altas (grupo “a”), mientras que Muestra se ubica en el grupo más bajo (“e”). Las letras indican agrupamientos estadísticamente similares; sitios con letras distintas difieren significativamente en sus medias.

Interpretación: Cada letra indican un grupo homogéneo, sitios con letras distintas difieren significativamente en sus medias.



Concentraciones de estroncio en sitios

Se observa que Rock River (grupo “d”) presenta concentraciones significativamente mayores, mientras que Muestra (grupo “c”) se distingue por sus valores más bajos. Los grupos homogéneos fueron definidos mediante la prueba de Tukey HSD ($p < 0.05$).

Interpretación: La prueba Tukey confirmó diferencias significativas entre múltiples pares de sitios, reforzando los resultados del ANOVA y LSD.

5. Conclusión

El análisis estadístico reveló diferencias significativas en las concentraciones de estroncio entre los sitios evaluados, destacando niveles elevados en Rock River posiblemente asociados a fuentes locales de contaminación. Estos hallazgos subrayan la importancia de incluir monitoreos de estroncio en la gestión forestal y la conservación de cuencas, dado su impacto en la calidad del agua y los servicios ecosistémicos. Se recomienda que futuras investigaciones consideren variables adicionales y relacionen los resultados con normativas ambientales para evaluar riesgos potenciales.

6. Conclusión ambiental

Rock River presenta niveles significativamente más altos de estroncio, probablemente debido a actividades humanas como descargas agrícolas o industriales. Estas concentraciones elevadas representan riesgos de bioacumulación en organismos acuáticos, afectan la calidad del agua y la sostenibilidad de los ecosistemas ribereños. Por ello, las diferencias detectadas son tanto estadísticamente como ambientalmente relevantes, y deben incorporarse en programas de monitoreo y gestión forestal.