



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA



Doctorado en Ingeniería y Ciencias Ambientales - DICA

Curso: Diseño y Análisis de Experimentos en Ingeniería y Ciencias Ambientales

Tema: *Trabajo encargado de teoría*

Docente:

-PhD. Christian René Encina Zelada

Estudiante:

-José Zevallos Ruiz



08 de octubre 2024, LIMA – PERÚ

0. Contenido

1. Artículo
2. Objetivos
3. Marco teórico
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones y recomendaciones





1. Artículo



atmosphere



Article

Effect of Grazing Intensities on Soil N₂O Emissions from an Alpine Meadow of Zoige Plateau in China

Wei Zhan ^{1,2,3}, Zhenan Yang ^{4,5}, Jianliang Liu ^{1,2,3}, Huai Chen ^{1,3,*}, Gang Yang ^{3,6}, Erxiong Zhu ^{1,3}, Ji Hu ^{1,2,3}, Lin Jiang ^{3,7}, Liangfeng Liu ^{1,2,3}, Dan Zhu ^{1,2,3}, Yixin He ^{1,2,3}, Chuan Zhao ^{1,2,3}, Dan Xue ^{1,2,3} and Changhui Peng ⁸

- ¹ Key Laboratory of Mountain Ecological Restoration and Bioresource Utilization & Ecological Restoration Biodiversity Conservation, Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China; zhanwei@cib.ac.cn (W.Z.); liujl1@cib.ac.cn (J.L.); zhuexiong@nwsuaf.edu.cn (E.Z.); huji@cib.ac.cn (J.H.); liulf@cib.ac.cn (L.L.); zhudan_m@cib.ac.cn (D.Z.); heyx@cib.ac.cn (Y.H.); zhaochuan@cib.ac.cn (C.Z.); xuedan@cib.ac.cn (D.X.)
 - ² University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
 - ³ Zoige Peatland and Global Change Research Station, Chinese Academy of Sciences, Hongyuan 624400, China; yanggang903@swust.edu.cn (G.Y.); jianglinlm@126.com (L.J.)
 - ⁴ Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation, China West Normal University, Ministry of Education, Nanchong 637009, China; yza2765@126.com
 - ⁵ College of Life Science, China West Normal University, Nanchong 637000, China
 - ⁶ School of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China
 - ⁷ State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling 712100, China
 - ⁸ Institute of Environment Sciences, Department of Biology Science, University of Quebec at Montreal, Montreal, QC C3H 3P8, Canada; cpeng86@yahoo.com
- * Correspondence: chenhuai@cib.ac.cn; Tel.: +86-29-82890543



Zhan et al., (2021)

<https://doi.org/10.3390/atmos12050541>

2. Objetivos

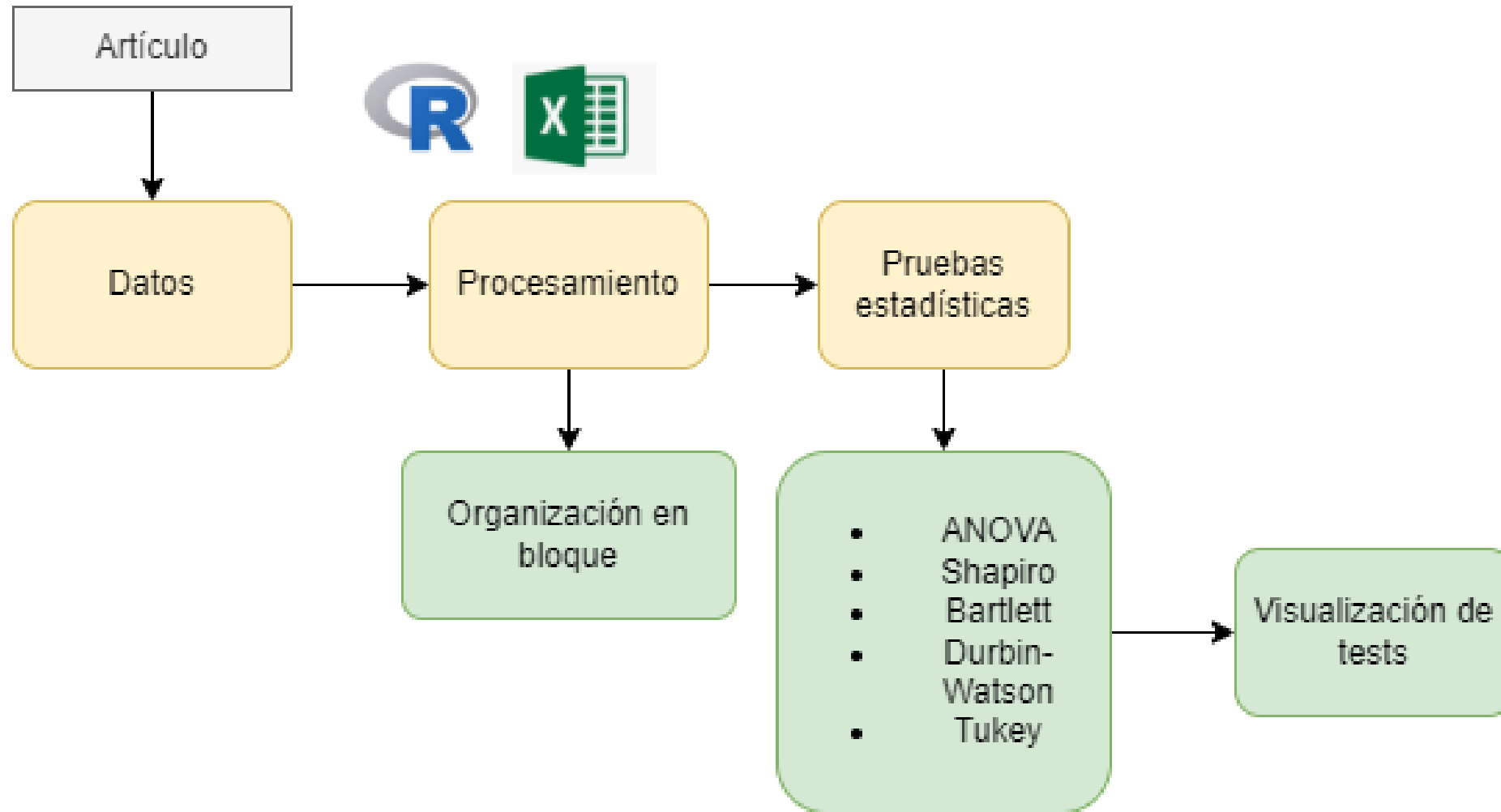
Objetivo general

- Evaluar el efecto de diferentes intensidades de pastoreo sobre las concentraciones de NH_4^+-N , NO_3-N y fósforo (P) en suelos de praderas alpinas de la meseta de Zoige, China, para determinar su impacto en la calidad del suelo y su relación con las emisiones de gases de efecto invernadero.

Objetivos específicos

- Implementar el **Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA)** para controlar la variabilidad entre los bloques y facilitar la aplicación de métodos estadísticos rigurosos en el análisis de los datos de tamaño de fibras.
- Aplicar el **análisis de varianza (ANOVA)** para determinar la existencia de diferencias significativas en el tamaño de las fibras de bambú, complementado con las **pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas de Bartlett**.
- Realizar un análisis *post-hoc* mediante **la prueba de Tukey para identificar comparaciones significativas** entre las especies de bambú, y aplicar la **prueba de Durbin-Watson para verificar la independencia** de los residuos en el modelo.

4. Metodología



5. Resultados

Psuelo	Intensidad_Pastoreo	Valor	Psuelo	Intensidad_Pastoreo	Valor
NH4+-N	G0	1.18	NO3-N	G1.2	0.092
NH4+-N	G0	1.26	NO3-N	G1.2	0.1
NH4+-N	G0	1.34	NO3-N	G1.2	0.108
NH4+-N	G0.7	1.07	NO3-N	G1.6	0.07
NH4+-N	G0.7	1.13	NO3-N	G1.6	0.08
NH4+-N	G0.7	1.19	NO3-N	G1.6	0.09
NH4+-N	G1.2	1.16	P	G0	0.82
NH4+-N	G1.2	1.22	P	G0	0.86
NH4+-N	G1.2	1.28	P	G0	0.9
NH4+-N	G1.6	1.26	P	G0.7	1.66
NH4+-N	G1.6	1.37	P	G0.7	1.74
NH4+-N	G1.6	1.48	P	G0.7	1.82
NO3-N	G0	0.066	P	G1.2	1.1
NO3-N	G0	0.07	P	G1.2	1.14
NO3-N	G0	0.074	P	G1.2	1.18
NO3-N	G0.7	0.114	P	G1.6	1.3
NO3-N	G0.7	0.12	P	G1.6	1.42
NO3-N	G0.7	0.126	P	G1.6	1.54

Proceso de cálculo:

$$b = 3; r = 3; t = 4;$$

$$N = b * r * t = 36$$

Hallando la suma de cuadrados totales (SS_{total}):

$$SS_{total} = \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2 = 12.5309$$

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^N \frac{Y_i}{N} = 0.876$$

Hallando la suma de cuadrados de tratamiento ($SS_{tratamiento}$):

$$SS_{tratamiento} = \sum_{k=1}^9 \sum_{t=1}^4 (\bar{Y}_t - \bar{Y})^2$$

Donde:

- \bar{Y}_t es el promedio de muestra de cada tratamiento (Pastoreo intenso)

	G0	G0.7	G1.2	G1.6
\bar{Y}_t	0.73	0.99666667	0.82	0.95666667

$$SS_{tratamiento} = 0.4097$$

```
> res.aov <- aov(Valor ~ Intensidad_Pastoreo + Psuelo, data = data_expanded)
> summary(res.aov)
```

```
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Intensidad_Pastoreo  3  0.410   0.137   3.85 0.0192 *
Psuelo              2 11.057   5.529 155.87 <2e-16 ***
Residuals          30  1.064   0.035
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Psuelo	Intensidad_Pastoreo	Valor	Psuelo	Intensidad_Pastoreo	Valor
NH4+-N	G0	1.18	NO3-N	G1.2	0.092
NH4+-N	G0	1.26	NO3-N	G1.2	0.1
NH4+-N	G0	1.34	NO3-N	G1.2	0.108
NH4+-N	G0.7	1.07	NO3-N	G1.6	0.07
NH4+-N	G0.7	1.13	NO3-N	G1.6	0.08
NH4+-N	G0.7	1.19	NO3-N	G1.6	0.09
NH4+-N	G1.2	1.16	P	G0	0.82
NH4+-N	G1.2	1.22	P	G0	0.86
NH4+-N	G1.2	1.28	P	G0	0.9
NH4+-N	G1.6	1.26	P	G0.7	1.66
NH4+-N	G1.6	1.37	P	G0.7	1.74
NH4+-N	G1.6	1.48	P	G0.7	1.82
NO3-N	G0	0.066	P	G1.2	1.1
NO3-N	G0	0.07	P	G1.2	1.14
NO3-N	G0	0.074	P	G1.2	1.18
NO3-N	G0.7	0.114	P	G1.6	1.3
NO3-N	G0.7	0.12	P	G1.6	1.42
NO3-N	G0.7	0.126	P	G1.6	1.54

Hallando la suma de cuadrados del bloque (SS_{bloque}):

$$SS_{bloque} = \sum_{k=1}^{12} \sum_{b=1}^3 (\bar{Y}_b - \bar{Y})^2$$

Donde:

- \bar{Y}_b es el promedio de muestra de cada bloque (Propiedad del suelo)

	NH4+-N	NO3-N	P
\bar{Y}_b	1.245	0.0925	1.29

$$SS_{bloque} = 11.0572$$

Hallando la suma de cuadrados de los residuos ($SS_{residuos}$):

$$e_i = Y_i - (\bar{Y}_t + \bar{Y}_b - \bar{Y})$$

$$SS_{residuos} = \sum_{i=1}^N e_i^2 = 1.0641$$

```
> res.aov <- aov(Valor ~ Intensidad_Pastoreo + Psuelo, data = data_expanded)
> summary(res.aov)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Intensidad_Pastoreo	3	0.410	0.137	3.85	0.0192	*
Psuelo	2	11.057	5.529	155.87	<2e-16	***
Residuals	30	1.064	0.035			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Psuelo	Intensidad_Pastoreo	Valor	Psuelo	Intensidad_Pastoreo	Valor
NH4+-N	G0	1.18	NO3-N	G1.2	0.092
NH4+-N	G0	1.26	NO3-N	G1.2	0.1
NH4+-N	G0	1.34	NO3-N	G1.2	0.108
NH4+-N	G0.7	1.07	NO3-N	G1.6	0.07
NH4+-N	G0.7	1.13	NO3-N	G1.6	0.08
NH4+-N	G0.7	1.19	NO3-N	G1.6	0.09
NH4+-N	G1.2	1.16	P	G0	0.82
NH4+-N	G1.2	1.22	P	G0	0.86
NH4+-N	G1.2	1.28	P	G0	0.9
NH4+-N	G1.6	1.26	P	G0.7	1.66
NH4+-N	G1.6	1.37	P	G0.7	1.74
NH4+-N	G1.6	1.48	P	G0.7	1.82
NO3-N	G0	0.066	P	G1.2	1.1
NO3-N	G0	0.07	P	G1.2	1.14
NO3-N	G0	0.074	P	G1.2	1.18
NO3-N	G0.7	0.114	P	G1.6	1.3
NO3-N	G0.7	0.12	P	G1.6	1.42
NO3-N	G0.7	0.126	P	G1.6	1.54

Grados de libertad (G.L):

	Tratamiento	Bloque	Residuos
G.L	3	2	30

Hallando los promedios de sumas de cuadrados (*Mean sq*):

$$Means\ sq_{tratamiento} = \frac{SS_{tratamiento}}{G.L_{tratamiento}} = 0.1366$$

$$Means\ sq_{bloque} = \frac{SS_{bloque}}{G.L_{bloque}} = 5.5286$$

$$Means\ sq_{residuos} = \frac{SS_{residuos}}{G.L_{residuos}} = 0.0355$$

Hallando los valores de F:

$$F_{tratamiento} = \frac{Means\ sq_{tratamiento}}{Means\ sq_{residuos}} = \frac{0.1366}{0.0355} = 3.85$$

$$F_{bloque} = \frac{Means\ sq_{bloque}}{Means\ sq_{residuos}} = \frac{5.5286}{0.0355} = 155.86$$

```
> res.aov <- aov(Valor ~ Intensidad_Pastoreo + Psuelo, data = data_expanded)
```

```
> summary(res.aov)
```

```

              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Intensidad_Pastoreo  3  0.410   0.137   3.85 0.0192 *
Psuelo                2 11.057   5.529 155.87 <2e-16 ***
Residuals           30  1.064   0.035

```

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```


5. Resultados

Para el test de normalidad se tiene $F_n(x)$ = distribución normal muestral, $F(x)$ = distribución teórica Weibull.

De la siguiente expresión se obtuvo que:

$$D = \sup |F_n(x) - F(x)| = 0.00947$$

El valor de $D_{crítico}$:

$$D_{crítico} = \frac{1.36}{\sqrt{N}} = 0.22$$

Como el valor de D no supera al $D_{crítico}$, se concluye que los residuos si cumplen el criterio de normalidad.

```
> shapiro.test(aov_residuals)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  aov_residuals
W = 0.97945, p-value = 0.727
```



5. Resultados

Homogeneidad de varianzas:

Hallando B para el tratamiento:

$$k = 4$$

$$N = 36$$

	G0	G0.7	G1.2	G1.6
s_i^2	0.246248	0.44851911	0.26143644	0.3906
n_i	9	9	9	9

Hallando s_p^2 :

$$s_p^2 = \frac{\sum_{i=1}^4 (n_i - 1) s_i^2}{N - 4} = 0.3367$$

Remplazando en:

$$B_{tratamiento}^2 = \frac{(N - k) \ln(s_p^2) - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \ln(s_i^2)}{1 + \frac{1}{3(k+1)} \left(\sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i - 1} - \frac{1}{N - k} \right)}$$

$$B_{tratamiento}^2 = \frac{32 \ln(0.3367) - \sum_{i=1}^4 (n_i - 1) \ln(s_i^2)}{1 + \frac{1}{15} \left(\sum_{i=1}^4 \frac{1}{n_i - 1} - \frac{1}{32} \right)} = 0.9931$$

El p valor estimado con la distribución chi cuadrado en Excel:

$$p - valor = 0.8029$$

```
> bartlett.test(Valor ~ Intensidad_Pastoreo, data = data_e  
expanded)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: Valor by Intensidad_Pastoreo
Bartlett's K-squared = 0.99319, df = 3, p-value =
0.8029



5. Resultados

Homogeneidad de varianzas:

Hallando B para el bloque:

$$k = 3$$

$$N = 36$$

	NH4+-N	NO3-N	P
s_i^2	0.01170833	0.00040475	0.1107
n_i	12	12	12

Hallando s_p^2 :

$$s_p^2 = \frac{\sum_{i=1}^3 (n_i - 1) s_i^2}{N - 4} = 0.04093$$

Remplazando en:

$$B_{bloque}^2 = \frac{(N - k) \ln(s_p^2) - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \ln(s_i^2)}{1 + \frac{1}{3(k + 1)} \left(\sum_{i=1}^k \frac{1}{n - 1} - \frac{1}{N - k} \right)}$$

$$B_{bloque}^2 = \frac{(33) \ln(0.04093) - \sum_{i=1}^3 (n_i - 1) \ln(s_i^2)}{1 + \frac{1}{12} \left(\sum_{i=1}^3 \frac{1}{n - 1} - \frac{1}{33} \right)} = 51.526$$

El p valor estimado con la distribución chi cuadrado en Excel:

$$p - valor = 6.47 * 10^{-12}$$

```
> bartlett.test(Valor ~ Psuelo, data = data_expanded)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: Valor by Psuelo

Bartlett's K-squared = 51.527, df = 2, p-value = 6.473e-12



5. Resultados

Homogeneidad de varianzas:

En el análisis de varianza, se observó que la **Intensidad de Pastoreo** tiene un efecto significativo en los valores observados ($p=0.0192$), lo que indica que los diferentes niveles de pastoreo generan diferencias en los parámetros medidos. Sin embargo, las varianzas dentro de cada nivel de pastoreo son homogéneas ($p=0.8029$, Test de Bartlett), lo que sugiere una consistencia en la dispersión de los datos entre los tratamientos. Por otro lado, el bloque definido por la propiedad del suelo (**Psuelo**) mostró diferencias significativas en las varianzas ($p \approx 6.47 * 10^{-12}$), lo que sugiere que las propiedades del suelo influyen de manera diferenciada en la dispersión de los datos, afectando los resultados generales del análisis.



5. Resultados

Prueba de Autocorrelación

La prueba de Durbin-Watson es una prueba estadística utilizada para detectar la autocorrelación en los residuos de un modelo de regresión. En este caso, el valor de Durbin-Watson es 1.0659, con un p-valor de 0.0001056. Dado que el p-valor es muy bajo (menor que el umbral común de significancia de 0.05), se rechaza la hipótesis nula de que no hay autocorrelación. El valor de 1.0659 está cerca de 1, lo que sugiere una autocorrelación positiva de primer orden en los residuos, es decir, existe una relación entre los errores residuales consecutivos en el modelo. Esto indica que los residuos no son independientes, lo cual puede ser un problema para la validez de los resultados del análisis ANOVA, ya que una de las suposiciones clave es la independencia de los errores.

$$d = \frac{\sum_{t=2}^N (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^N e_t^2} = 1.065$$

5. Resultados

Hallando Tukey para tratamientos:

$$MS_{error} = 0.03546$$

$$n = 9$$

Para una significancia de 0.05, 4 tratamientos y 30 grados de libertad de los residuos se tiene que:

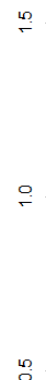
$$q = 3.8454$$

$$q = \frac{DMS_{tratamiento}}{\sqrt{\frac{MS_{error}}{n}}}$$

$$DMS_{tratamiento} = 0.2414$$

Diferencias absolutas entre tratamientos:

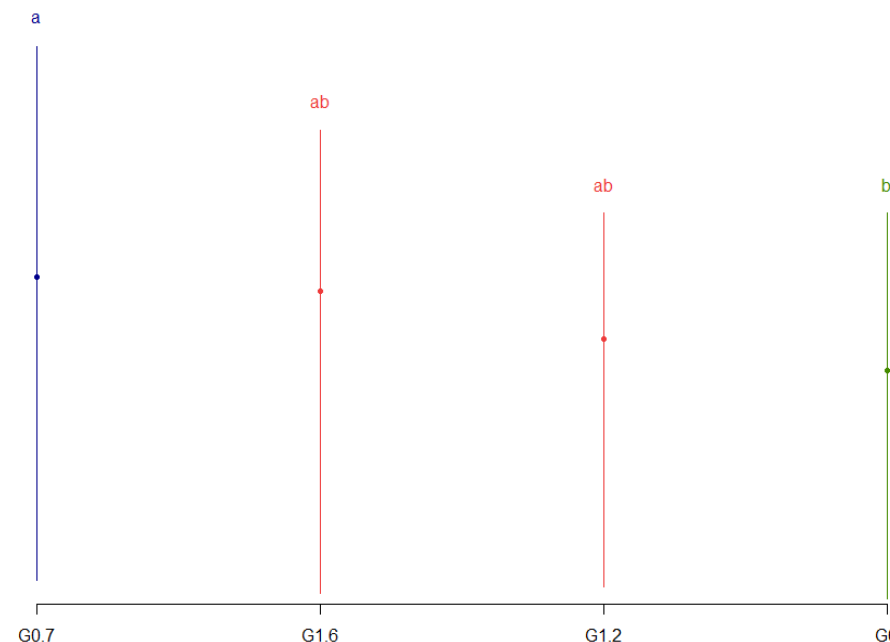
Diferencias Absolutas	valor	¿Es mayor a $DMS_{tratamiento}$?
G0-G0.7	0.26666667	VERDADERO
G0-G1.2	0.09	FALSO
G0-G1.6	0.22666667	FALSO
G0.7-G1.2	0.17666667	FALSO
G0.7-G1.6	0.04	FALSO
G1.2-G1.6	0.13666667	FALSO



Grupos obtenidos:

Tratamiento	Grupo
G0	a
G0.7	b
G1.2	ab
G1.6	ab

Groups and Interquartile range



5. Resultados

Hallando Tukey para bloques:

$$MS_{error} = 0.03546$$

$$n = 12$$

Para una significancia de 0.05, 3 bloques y 30 grados de libertad de los residuos se tiene que:

$$q = 3.4864$$

$$q = \frac{DMS_{bloque}}{\sqrt{\frac{MS_{error}}{n}}}$$

$$DMS_{bloque} = 0.1895$$

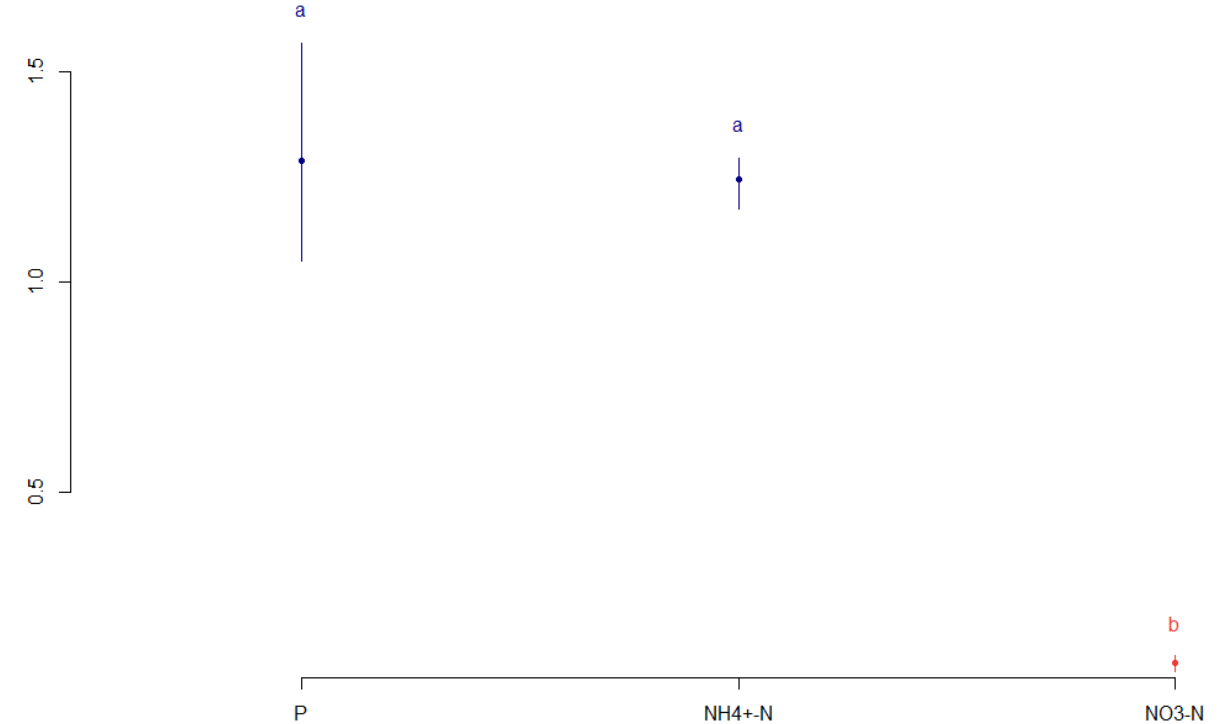
Diferencias absolutas entre bloques:

Diferencias Absolutas	valor	¿Es mayor a DMS_{bloque} ?
(NH ₄ ⁺ -N)-NO ₃ -N	1.1525	VERDADERO
(NH ₄ ⁺ -N)-P	0.045	FALSO
(NO ₃ -N)-P	1.1975	VERDADERO

Grupos obtenidos:

Bloque	Grupo
NH ₄ ⁺ -N	a
NO ₃ -N	b
P	a

Groups and Interquartile range





6. Conclusiones y recomendaciones

- Tanto la intensidad de pastoreo como el tipo de suelo tienen efectos significativos sobre la variable dependiente, siendo el tipo de suelo el factor más influyente.
- La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre los niveles de pastoreo, destacando que G0 y G0.7 son significativamente diferentes, mientras que G1.2 y G1.6 no se diferencian claramente.
- Se detectó autocorrelación positiva en los residuos del modelo, lo que podría requerir ajustes adicionales para garantizar la validez del análisis.