

```
library(dplyr)  
  
rladies_global %>%  
  filter(city == 'MENDOZA')
```



Uso de R en la evaluación del efecto del tiempo de germinación sobre el contenido de hierro, calcio y magnesio en brotes de lentejas



Buen día!

Soy M.Eugenia Martínez

Docente en la Cátedra de Estadística de la
Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo. Áreas de
estadística e informática.

E-mail: meugemartinezfagliano@gmail.com

Twitter: [@EMFagliano](https://twitter.com/EMFagliano)

“ •Los brotes pueden ser considerados como alimento nutritivo y funcional.

Se ha demostrado que el proceso de germinación aumenta la palatabilidad como así también la biodisponibilidad de ciertas sustancias [...]”

Juana Frias. Instituto de Fermentaciones Industriales, Madrid. (2005)

Brotes de lentejas aeropónicos



Fuente de:

- Proteínas
- Aminoácidos esenciales
- Hierro
- Cinc
- Fibra
- Almidón resistente (de asimilación lenta)



1.

Objetivos

- Determinar si el tiempo de germinación de lentejas afecta significativamente la concentración de ciertos minerales (hierro, calcio y magnesio) importantes en la nutrición humana.
- Determinar cómo la concentración de ciertos minerales (hierro, calcio y magnesio) se relaciona con el tiempo de germinación de lentejas.

Metodología

Para el análisis

“Se realizó el proceso de germinación mediante aeroponía con el objeto de obtener brotes de lentejas en 3 bandejas. Se tomó una muestra de 100 g de cada bandeja a los 0, 2, 4, 6, 8 y 10 días desde el inicio del proceso.”

Respuestas a obtener:

Fe: contenido de hierro, en ppm.

Ca: contenido de calcio, en % (g%g)

Mg: contenido de magnesio, en % (g%g)

“Tratamiento”: días de germinación

Manejo de R para nuestro caso

Los datos

Principalmente los datos fueron cargados en una planilla de Excel y guardado como un documento CSV (delimitado por comas).

Toma de datos en *Rstudio*

1°. Exportar la carpeta donde se encuentren los datos.
2°. Nombrar la base de datos con sus separadores decimales y de datos, para luego crear los vectores necesarios.

```
> Fe=Datos[,2]
> Ca=Datos[,3]
> Mg=Datos[,4]
> Dia=Datos[,1]
> Dia_F=Datos[,7]
```

Manejo de R para nuestro caso

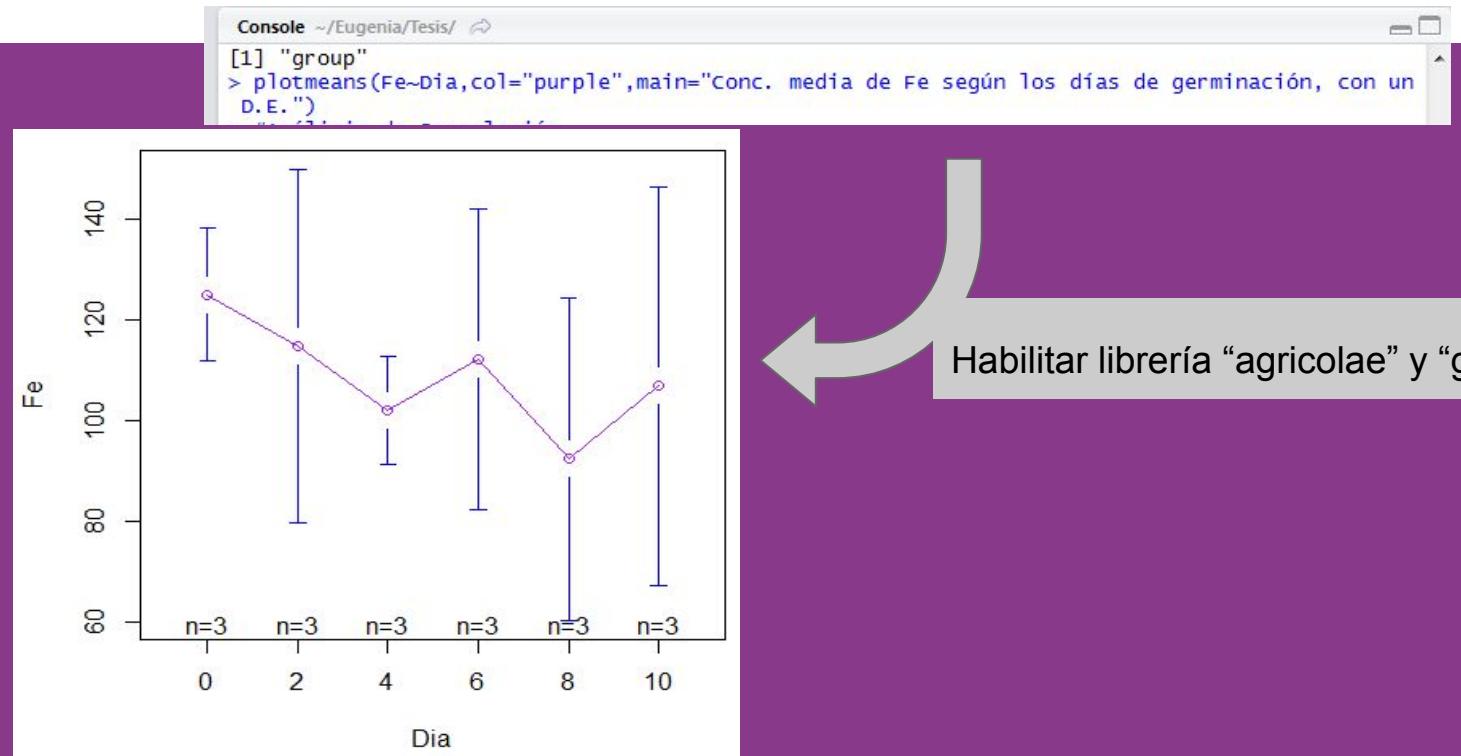
Análisis Descriptivo

```
Console ~/Eugenia/Tesis/ 
> Dia_F=DATOS[,7]
> resumen_mean_Fe=tapply(Fe,Dia,mean)
> round(resumen_mean_Fe,2)
  0   2   4   6   8   10
124.98 114.77 101.97 112.07  92.32 106.82
> resumen_sd_Fe=tapply(Fe,Dia,SD)
> round(resumen_sd_Fe,2)
  0   2   4   6   8   10
  5.27 14.15  4.32 12.03 12.92 15.91
> resumen_mean_Ca=tapply(ca,Dia,mean)
> round(resumen_mean_Ca,2)
  0   2   4   6   8   10
0.20 0.19 0.19 0.23 0.27 0.26
> resumen_sd_Ca=tapply(ca,Dia,SD)
> round(resumen_sd_Ca,2)
  0   2   4   6   8   10
0.11 0.01 0.08 0.03 0.01 0.12
> resumen_mean_Mg=tapply(Mg,Dia,mean)
> round(resumen_mean_Mg,2)
  0   2   4   6   8   10
0.18 0.17 0.17 0.22 0.26 0.35
> resumen_sd_Mg=tapply(Mg,Dia,SD)
> round(resumen_sd_Mg,2)
  0   2   4   6   8   10
0.06 0.03 0.04 0.05 0.04 0.10
> library(agricolae) #si no está en Packages hay que descargarlo desde tools
> library(gplots)
```

Tabla. Resumen del contenido medio de hierro, calcio y magnesio en brotes de lenteja según el día de germinación

Días de Germinación	Hierro	Calcio	Magnesio
Día 0	124.98±5.27	0.20±0.11	0.18±0.06
Día 2	114.77±14.15	0.19±0.01	0.17±0.03
Día 4	101.97±4.32	0.19±0.08	0.17±0.04
Día 6	112.07±12.03	0.23±0.03	0.22±0.05
Día 8	92.32±12.92	0.27±0.01	0.26±0.04
Día 10	106.82±15.91	0.26±0.12	0.35±0.10

Manejo de R para nuestro caso



Habilitar librería “agricolae” y “gplots”

Figura 1:Concentración media de hierro según los días de germinación (+/- DE)

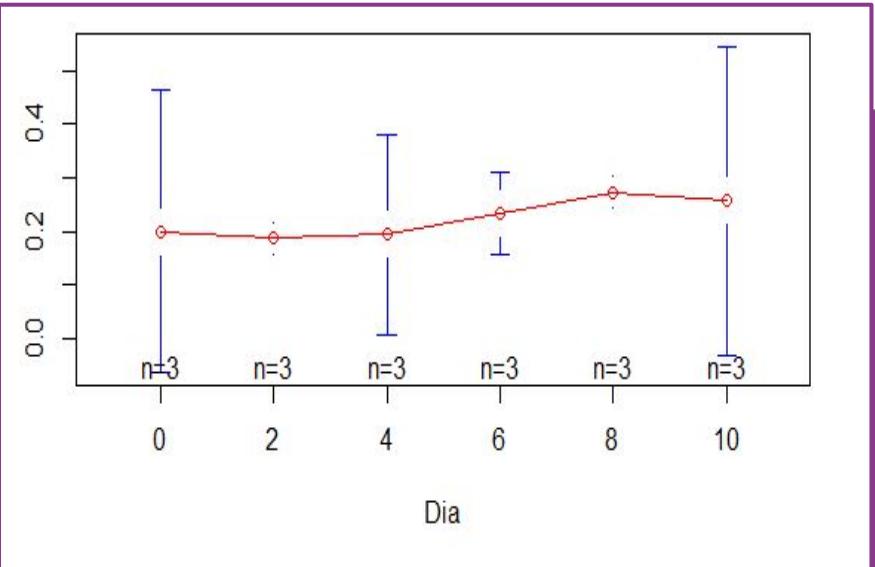


Figura 2: Concentración media de calcio según los días de germinación (+/- DE)

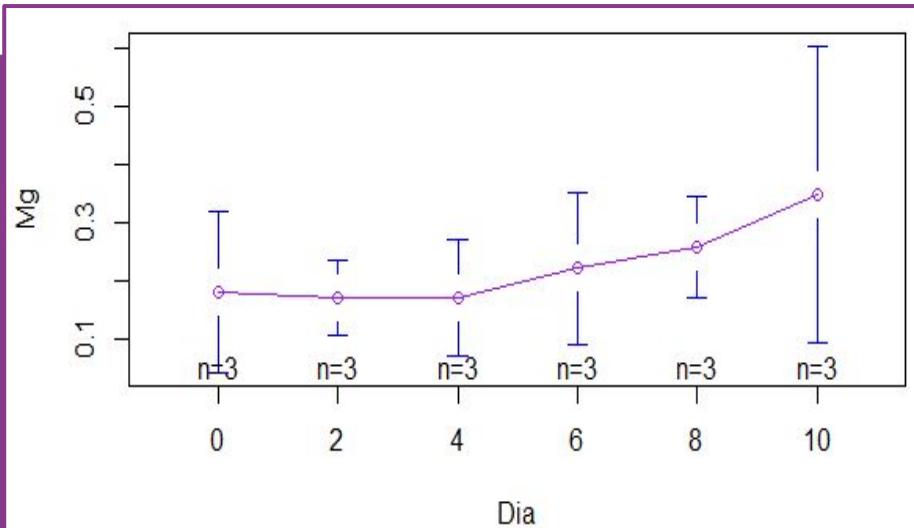


Figura 3: Concentración media de magnesio según los días de germinación (+/- DE)

Manejo de R para nuestro caso

Efecto del tiempo de germinación de lenteja en la concentración de hierro

Respuesta: Conc. de hierro, en ppm.

Tratamiento: Días de germinación.

a_1=día 0

a_2=día 2

a_3=día 4

a_4=día 6

a_5=día 8

a_6=día 10

Diseño Completamente Aleatorizado

Hc:"La concentración media de hierro, en ppm, en brotes de lentejas varía durante los primeros 10 días de germinación"

H1: $\tau_j \neq 0 \quad \forall j$

H0: τ_j es diferente a cero al menos para un j

$\alpha=0,05$

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

Manejo de R para nuestro caso

Análisis de la Varianza

1º Habilitar librerías “agricolae” y “gplots”. (R 3.4.4 o posterior)

- a) Por script
- b) Por tools

2º Determinar vectores de respuesta y factor

3º Análisis

Acepto
hipótesis

Un p-valor de
0,067....

Script

```
Console ~/Eugenio/Tesis/ 
> library(agricolae) #Si no está en Packages hay que descargarlo desde tools
> library(gplots)
> #Análisis de la varianza para determinar si el promedio de contenido de hierro por día varía teniendo en cuenta el día de germinación.
> aov(Fe~Dia_F)
call:
  aov(formula = Fe ~ Dia_F)

Terms:
          Dia_F Residuals
Sum of Squares 1891.456 1622.790
Deg. of Freedom      5       12

Residual standard error: 11.62895
Estimated effects may be unbalanced
> ADEVA_Fe=aov(Fe~Dia_F)
> Tabla_ADEVA_Fe=summary(ADEVA_Fe)
> Tabla_ADEVA_Fe
            Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Dia_F        5   1892    378.3   2.797 0.067
Residuals    12   1623    135.2
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Manejo de R para nuestro caso

Análisis del cumplimiento de los supuestos de Normalidad de homoscedasticidad

Normalidad → Shapiro-Wilk

Homoscedasticidad → Bartlett

Script

```
Console Terminal ✘
~/R-Ladies/ ↗
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #Análisis de los supuestos
> shapiro.test(ADEVA_Fe$residuals)#normalidad
  Shapiro-wilk normality test
  data: ADEVA_Fe$residuals
  W = 0.93137, p-value = 0.2053
> bartlett.test(ADEVA_Fe$residuals~Dia_F)#homoscedasticidad
  Bartlett test of homogeneity of variances
  data: ADEVA_Fe$residuals by Dia_F
  Bartlett's K-squared = 3.7978, df = 5, p-value = 0.5789
```



Manejo de R para nuestro caso

Comparación múltiple de medias

Tukey

Script

```
>Resultado=HSD.test(ADEVA_Fe,  
"Dia")
```

```
Console Terminal x  
~/R-Ladies/  
  
> #Comparación múltiple de medias  
> TUKEY_Fe=HSD.test(ADEVA_Fe,"Dia")  
> TUKEY_Fe  
$`statistics`  
  MSerror Df   Mean      CV      MSD  
 135.2325 12 108.82 10.68641 31.89294  
  
$parameters  
  test name.t ntr StudentizedRange alpha  
  Tukey Dia_F   6       4.750231  0.05  
  
$means  
  Fe      std r    Min     Max     Q25     Q50     Q75  
Día0 124.98333 5.268381 3 118.90 128.05 123.450 128.00 128.025  
Día10 106.82000 15.910000 3 90.91 122.73 98.865 106.82 114.775  
Día2 114.76667 14.145435 3 106.50 131.10 106.600 106.70 118.900  
Día4 101.96667 4.315476 3 98.50 106.80 99.550 100.60 103.700  
Día6 112.06667 12.033841 3 101.20 125.00 105.600 110.00 117.500  
Día8 92.31667 12.922106 3 83.50 107.15 84.900 86.30 96.725  
  
$comparison  
NULL  
  
$groups  
  Fe groups  
Día0 124.98333 a  
Día2 114.76667 ab  
Día6 112.06667 ab  
Día10 106.82000 ab  
Día4 101.96667 ab  
Día8 92.31667 b
```



Manejo de R para nuestro caso

Comparación múltiple de medias

Duncan

Script

```
>Resultado=duncan.test(ADEVA_
Fe,"Dia")
```

```
Console Terminal ×
~/R-Ladies/
[1] group
> Duncan_Fe=duncan.test(ADEVA_Fe,"Dia")
> Duncan_Fe
$`statistics`
  MSerror Df   Mean      CV
  135.2325 12 108.82 10.68641

$parameters
  test name.t ntr alpha
  Duncan Dia_F   6  0.05

$duncan
  Table CriticalRange
  2 3.081307    20.68782
  3 3.225244    21.65421
  4 3.312453    22.23973
  5 3.370172    22.62726
  6 3.410202    22.89602

$means
          Fe      std r   Min   Max   Q25   Q50   Q75
Día0 124.98333 5.268381 3 118.90 128.05 123.450 128.00 128.025
Día10 106.82000 15.910000 3  90.91 122.73  98.865 106.82 114.775
Día2 114.76667 14.145435 3 106.50 131.10 106.600 106.70 118.900
Día4 101.96667  4.315476 3  98.50 106.80  99.550 100.60 103.700
Día6 112.06667 12.033841 3 101.20 125.00 105.600 110.00 117.500
Día8  92.31667 12.922106 3  83.50 107.15  84.900  86.30  96.725

$comparison
NULL

$groups
          Fe groups
Día0 124.98333     a
Día2 114.76667    ab
Día6 112.06667   abc
Día10 106.82000   abc
Día4 101.96667    bc
Día8  92.31667     c
```

“Estadísticamente podemos decir, con los datos obtenidos del experimento, que el tiempo de germinación no produce cambios en la concentración de hierro.”

A pesar de ello hay diferencia significativa entre la concentración de hierro en el día 0 y el día 8.

Manejo de R para nuestro caso

¿Existe una relación lineal entre el tiempo de germinación de los brotes de lentejas y la concentración de hierro en ellas?

X: Tiempo de germinación, en días

Y: Concentración de hierro, en ppm

Nuestros vectores:

El vector "Dia" tiene los valores de x

El vector "Fe" tiene los valores de y

Análisis a realizar

1. Diagrama de dispersión
2. Coeficiente de correlación y prueba de bondad de ajuste para ρ .
3. Estimación de parámetros y bondad de ajuste para el modelo
4. Confirmación de supuestos

Manejo de R para nuestro caso

Análisis de Correlación

```
Console Terminal ×
~/R-Ladies/
con un D.E.")
> #Análisis de Correlación
> plot(Dia,Fe,col="purple",main="Concentración de hierro, en ppm, según el día de germinación",xlab="Día de germinación",ylab="Fe(ppm)")
> cor.test(Fe,Dia,alternative="two.sided",method = "pearson")

Pearson's product-moment correlation

data: Fe and Dia
t = -2.4164, df = 16, p-value = 0.02799
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.79260444 -0.06618055
sample estimates:
cor
-0.5170742
```

Manejo de R para nuestro caso

```
> plot(Dia,Fe,col="purple",xlab="Días de germinación",ylab="Fe(ppm)",main="Relación entre la conc. de hierro en brotes de lentejas y los días de germinación")  
> abline(fit=lm(Fe~Día),lty=2)
```

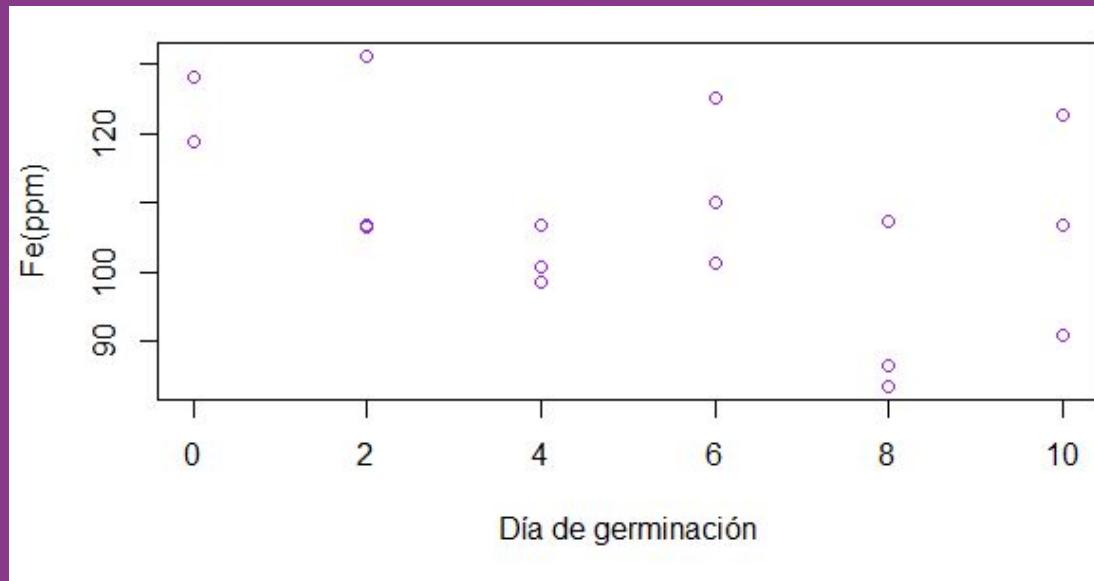


Figura 4: Concentración de hierro según el tiempo de germinación de brotes de lentejas



Manejo de R para nuestro caso

Análisis de Regresión

```
> #Análisis de Regresión simple Lineal
> RSL_FevsDia=lm(Fe~Dia,data=Datos)
> RSL_FevsDia

Call:
lm(formula = Fe ~ Dia, data = Datos)

Coefficients:
(Intercept)           Dia
               119.396      -2.115

> summary(RSL_FevsDia)

call:
lm(formula = Fe ~ Dia, data = Datos)

Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q    Max 
-18.974 -8.616 -2.316  8.597 24.486 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept) 119.3962    5.3006  22.525 1.52e-13 ***
Dia          -2.1152    0.8754  -2.416   0.028 *  
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 12.69 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2674,    Adjusted R-squared:  0.2216 
F-statistic: 5.839 on 1 and 16 DF,  p-value: 0.02799
```

Manejo de R para nuestro caso

```
> plot(Dia,Fe,col="purple",xlab="Días de germinación",ylab="Fe(ppm)",main="Relación entre la conc. de hierro en brotes de lentejas y los días de germinación")
> abline(RSL_FevsDia,col="purple")
```

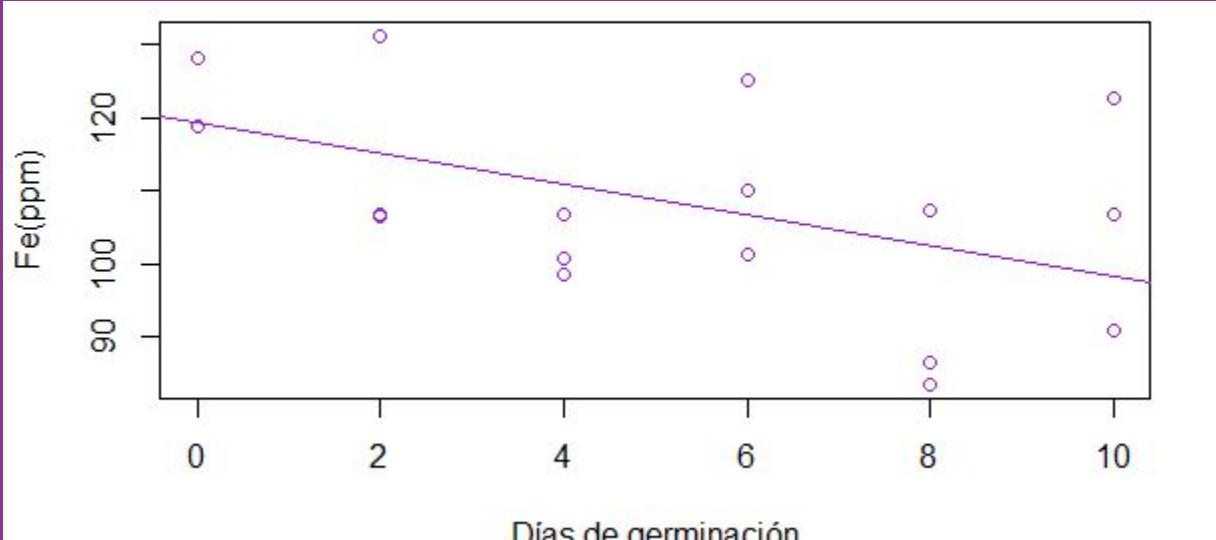


Figura 5: Relación entre la concentración de hierro y el tiempo de germinación de brotes de lentejas

Manejo de R
para nuestro caso

Análisis del cumplimiento de los supuestos de Normalidad de homoscedasticidad

Normalidad → Shapiro-Wilk

Homoscedasticidad → Gráfico de Residuos

Script

```
> #Análisis de supuestos de Regresión
> shapiro.test(RSL_FevsDia$residuals)#Normalidad

shapiro-wilk normality test

data: RSL_FevsDia$residuals
W = 0.96401, p-value = 0.6804
```

Manejo de R para nuestro caso

```
> plot(RSL_FevsDia$fitted.values,RSL_FevsDia$residuals,xlab="predichos",ylab="Residuos.  
estuden",main="Residuos estudiantizado")  
> abline(h=0,col="purple")
```

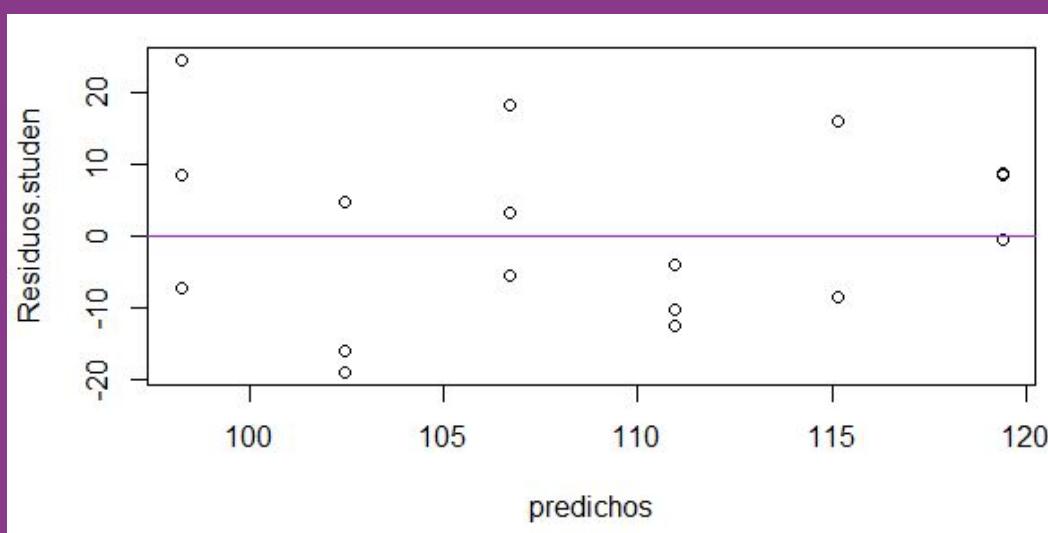


Figura 6: Residuos estudiantizados vs predichos de la concentración de hierro según el tiempo de germinación de brotes de lentejas

“ Podría decirse, según los análisis realizados, que la concentración del hierro se relaciona con el tiempo de germinación con el siguiente modelo:

$$\hat{y} = 119,39 \frac{\text{ppm}}{\text{día}} - 2,11 \frac{\text{ppm}}{\text{día}} * x$$

A pesar de que el modelo es significativo, el R^2 es muy bajo (0,22)... Se deberían probar aumentando el tamaño del experimento y/o probar otros modelos.

Manejo de R para nuestro caso

Repetimos el proceso para la concentración de calcio y magnesio

Script ANOVA

```
#Análisis de la varianza para determinar si el promedio de contenido de calcio por día varía teniendo en cuenta
aov(Ca~Dia_F)
ADEVA_Ca=aov(Ca~Dia_F)
Tabla_ADEVA_Ca=summary(ADEVA_Ca)
Tabla_ADEVA_Ca
#Análisis de los supuestos
shapiro.test(ADEVA_Ca$residuals)#normalidad
bartlett.test(ADEVA_Ca$residuals~Dia_F)#homoscedasticidad
#Comparación múltiple de medias
TUKEY_Ca=HSD.test(ADEVA_Ca,"Dia")
TUKEY_Ca
plotmeans(Ca~Dia,col="red",main="Conc. media de calcio según los días de germinación, con un D.E.")
Duncan_Ca=duncan.test(ADEVA_Ca,"Dia")
Duncan_Ca
#Análisis de Correlación
plot(Dia,Ca,col="purple",main="Concentración de calcio, en %, según el día de germinación",xlab="Día de germinación")
cor.test(Dia,Ca,alternative="two.sided",method = "pearson")
#Análisis de Regresión Simple Lineal
RSL_CavsDia=lm(Ca~Dia,data=Datos)
RSL_CavsDia
summary(RSL_CavsDia)
plot(Dia,Ca,col="purple",xlab="días de germinación",ylab="Ca(ppm)",main="Relación entre la conc. de calcio en bruto y el tiempo")
abline(RSL_CavsDia,col="purple")
#Análisis de supuestos de Regresión
shapiro.test(RSL_CavsDia$residuals)#Normalidad
plot(RSL_CavsDia$fitted.values,RSL_CavsDia$residuals,xlab="predichos",ylab="Residuos.student",main="Residuos estudiados")
abline(h=0,col="purple")
```

Efecto del tiempo de germinación de brotes de lenteja en la concentración de calcio

```
> aov(Ca~Dia_F)
call:
  aov(formula = Ca ~ Dia_F)

Terms:
  Dia_F  Residuals
Sum of Squares 0.01949444 0.06313333
Deg. of Freedom 5           12

Residual standard error: 0.07253352
Estimated effects may be unbalanced
> ADEVA_Ca=aov(Ca~Dia_F)
> Tabla_ADEVA_Ca=summary(ADEVA_Ca)
> Tabla_ADEVA_Ca
  Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Dia_F      5 0.01949 0.003899   0.741  0.607
Residuals  12 0.06313 0.005261
> #Análisis de los supuestos
> shapiro.test(ADEVA_Ca$residuals)#normalidad

  Shapiro-wilk normality test

data: ADEVA_Ca$residuals
W = 0.90172, p-value = 0.06156

> bartlett.test(ADEVA_Ca$residuals~Dia_F)#homoscedasticidad

  Bartlett test of homogeneity of variances

data: ADEVA_Ca$residuals by Dia_F
Bartlett's K-squared = 12.225, df = 5, p-value = 0.03183
```

```
> log(Ca)
> Ca_In=log(Ca)
```



No hay homoscedasticidad

Efecto del tiempo de germinación de brotes de lenteja en la concentración de calcio

```
> #Realizar el ADEVA y análisis de supuestos
> aov(Ca_ln~Dia_F)
Call:
  aov(formula = Ca_ln ~ Dia_F)

Terms:
          Dia_F Residuals
Sum of Squares  0.4374487 1.1777606
Deg. of Freedom      5         12

Residual standard error: 0.3132838
Estimated effects may be unbalanced
> ADEVA_Ca_ln=aov(Ca_ln~Dia_F)
> Tabla_ADEVA_Ca_ln=summary(ADEVA_Ca_ln)
> Tabla_ADEVA_Ca_ln
    Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Dia_F      5 0.4374  0.08749   0.891  0.517
Residuals 12 1.1778  0.09815
> #Análisis de los supuestos
> shapiro.test(ADEVA_Ca_ln$residuals)#normalidad

  Shapiro-Wilk normality test

data: ADEVA_Ca_ln$residuals
W = 0.92099, p-value = 0.1346

> bartlett.test(ADEVA_Ca_ln$residuals~Dia_F)#homoscedasticidad

  Bartlett test of homogeneity of variances

data: ADEVA_Ca_ln$residuals by Dia_F
Bartlett's K-squared = 11.882, df = 5, p-value = 0.03644
```

No hay homoscedasticidad

Manejo de R para nuestro caso

¿Existe una relación lineal entre el tiempo de germinación de los brotes de lentejas y la concentración de calcio en ellas?

X: Tiempo de germinación, en días

Y: Concentración de calcio, %

Nuestros vectores:

El vector "Dia" tiene los valores de x

El vector "Ca" tiene los valores de y

Análisis a realizar

1. Diagrama de dispersión
2. Coeficiente de correlación y prueba de bondad de ajuste para ρ .
3. Estimación de parámetros y bondad de ajuste para el modelo
4. Confirmación de supuestos



Manejo de R para nuestro caso

Análisis de Correlación

```
Console Terminal ×
~/R-Ladies/
attr(,"class")
[1] "group"
> #Análisis de Correlación
> plot(Dia,Ca,col="purple",main="concentración de calcio, en %, según el día de germinación",xlab="Día de germinación",
+       ylab="Ca(%)")
> cor.test(Dia,Ca,alternative="two.sided",method = "pearson")

Pearson's product-moment correlation

data: Dia and Ca
t = 1.8518, df = 16, p-value = 0.0826
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.05816645 0.74153857
sample estimates:
cor
0.4201123
```

Manejo de R para nuestro caso

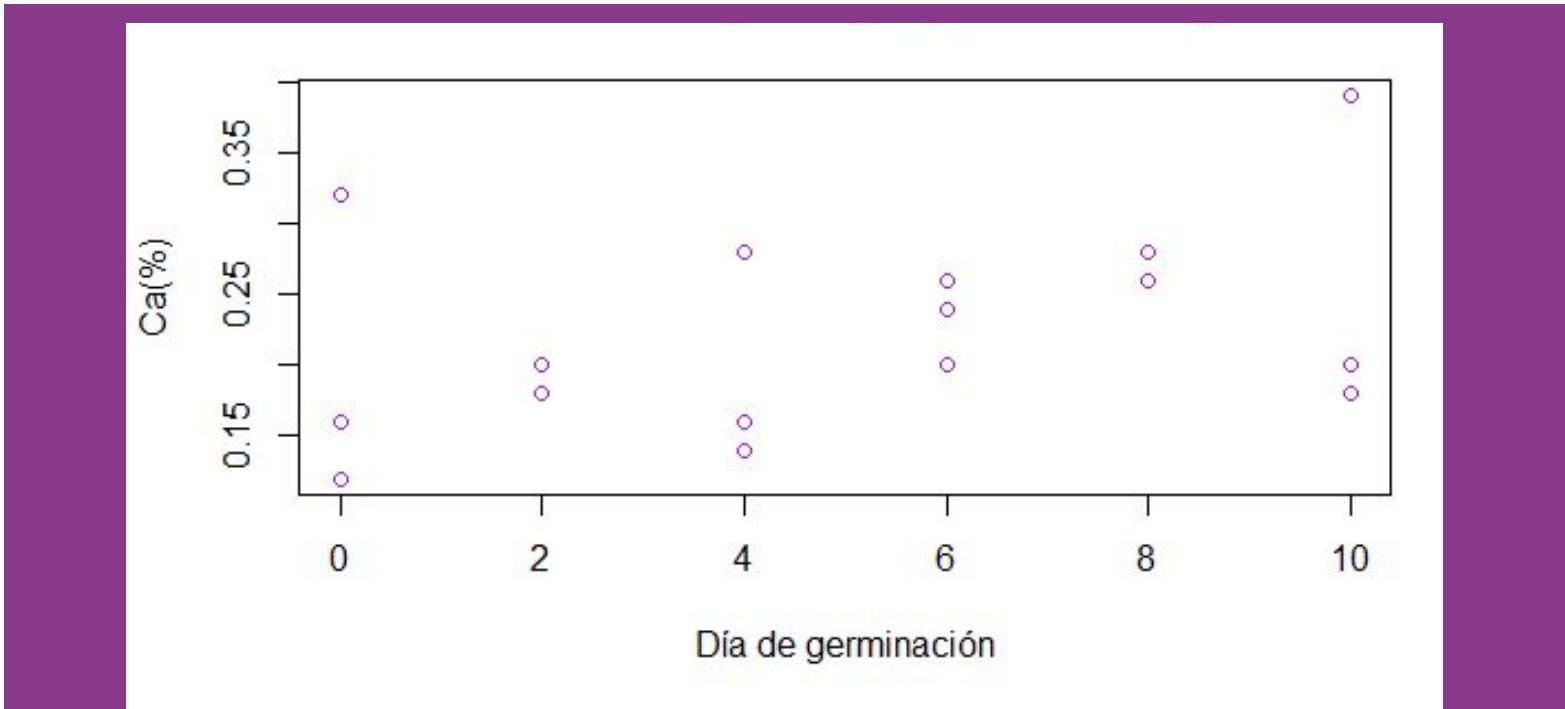


Figura 7: Concentración de calcio según el tiempo de germinación de brotes de lentejas

“ La variabilidad existente en la concentración de calcio durante los primeros días de germinación puede deberse a los procesos biológicos.

No hay asociación lineal entre el tiempo de germinación y la concentración de calcio.
Debería plantearse nuevos modelos para probar...

Efecto del tiempo de germinación de brotes de lenteja en la concentración de magnesio

```
dia de germinacion.
> aov(Mg~Dia_F)
Call:
  aov(formula = Mg ~ Dia_F)

Terms:
          Dia_F Residuals
Sum of Squares 0.07169444 0.03993333
Deg. of Freedom      5           12

Residual standard error: 0.05768689
Estimated effects may be unbalanced
> ADEVA_Mg=aov(Mg~Dia_F)
> Tabla_ADEVA_Mg=summary(ADEVA_Mg)
> Tabla_ADEVA_Mg
   Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Dia_F      5 0.07169 0.014339  4.309 0.0178 *
Residuals  12 0.03993 0.003328
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #Análisis de los supuestos
> shapiro.test(ADEVA_Mg$residuals)#normalidad

Shapiro-wilk normality test

data: ADEVA_Mg$residuals
W = 0.96263, p-value = 0.6531

> bartlett.test(ADEVA_Mg$residuals~Dia_F)#homoscedasticidad

Bartlett test of homogeneity of variances

data: ADEVA_Mg$residuals by Dia_F
Bartlett's K-squared = 3.9771, df = 5, p-value = 0.5527
```



Comparación de medias

```
> TUKEY_Mg=HSD.test(ADEVA_Mg,"Dia")
> TUKEY_Mg
$`statistics`
  MSerror   Df      Mean       CV       MSD
  0.003327778 12  0.2238889 25.76586 0.158209
```

```
$parameters
  test name.t ntr StudentizedRange alpha
  Tukey Dia_F 6           4.750231 0.05
```

```
$means
    Mg      std r  Min  Max   Q25   Q50   Q75
Día0  0.1800000 0.05567764 3 0.13 0.24 0.150 0.17 0.205
Día10 0.3466667 0.10263203 3 0.26 0.46 0.290 0.32 0.390
Día2  0.1700000 0.02645751 3 0.15 0.20 0.155 0.16 0.180
Día4  0.1700000 0.04000000 3 0.13 0.21 0.150 0.17 0.190
Día6  0.2200000 0.05291503 3 0.18 0.28 0.190 0.20 0.240
Día8  0.2566667 0.03511885 3 0.22 0.29 0.240 0.26 0.275
```

```
$comparison
```

```
NULL
```

```
$groups
```

Mg	groups
Día10	0.3466667
Día8	0.2566667
Día6	0.2200000
Día0	0.1800000
Día2	0.1700000
Día4	0.1700000

```
> Duncan_Mg=duncan.test(ADEVA_Mg,"Dia")
```

```
> Duncan_Mg
$`statistics`
  MSerror   Df      Mean       CV
  0.003327778 12  0.2238889 25.76586
```

```
$parameters
  test name.t ntr alpha
  Duncan Dia_F 6 0.05
```

```
$duncan
  Table CriticalRange
  2 3.081307 0.1026246
  3 3.225244 0.1074185
  4 3.312453 0.1103231
  5 3.370172 0.1122454
  6 3.410202 0.1135786
```

```
$means
    Mg      std r  Min  Max   Q25   Q50   Q75
Día0  0.1800000 0.05567764 3 0.13 0.24 0.150 0.17 0.205
Día10 0.3466667 0.10263203 3 0.26 0.46 0.290 0.32 0.390
Día2  0.1700000 0.02645751 3 0.15 0.20 0.155 0.16 0.180
Día4  0.1700000 0.04000000 3 0.13 0.21 0.150 0.17 0.190
Día6  0.2200000 0.05291503 3 0.18 0.28 0.190 0.20 0.240
Día8  0.2566667 0.03511885 3 0.22 0.29 0.240 0.26 0.275
```

```
$comparison
```

```
NULL
```

```
$groups
```

Mg	groups
Día10	0.3466667
Día8	0.2566667
Día6	0.2200000
Día0	0.1800000
Día2	0.1700000
Día4	0.1700000

Análisis de correlación

```
> plot(Dia,Mg,col="purple",main="Concentración de magnesio, en %, según el día de germinación",xlab="Día de germinación",ylab="Ca(%)")
> cor.test(Dia,Mg,alternative="two.sided",method = "pearson")

Pearson's product-moment correlation

data: Dia and Mg
t = 4.015, df = 16, p-value = 0.0009999
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
0.3609424 0.8831907
sample estimates:
cor
0.7084323
```

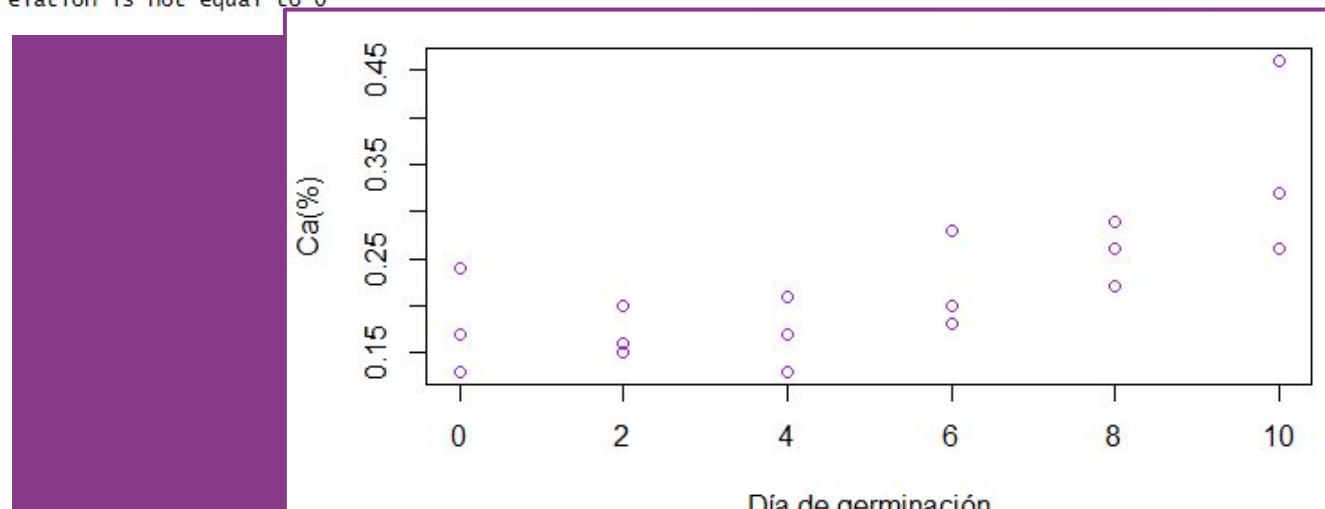


Figura 8: Concentración de magnesio según el tiempo de germinación de brotes de lentejas

Análisis de Regresión

```
> RSL_MgvsDia=lm(Mg~Dia,data=Datos)
> RSL_MgvsDia

Call:
lm(formula = Mg ~ Dia, data = Datos)

Coefficients:
(Intercept)          Dia
      0.14222     0.01633

> summary(RSL_MgvsDia)

Call:
lm(formula = Mg ~ Dia, data = Datos)

Residuals:
    Min      1Q   Median      3Q      Max 
-0.07756 -0.03956 -0.01256  0.02311  0.15444 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept) 0.142222  0.024633  5.774 2.85e-05 ***
Dia         0.016333  0.004068  4.015  0.001 ***  
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 0.05895 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5019,    Adjusted R-squared:  0.4707 
F-statistic: 16.12 on 1 and 16 DF,  p-value: 0.0009999
```

Análisis de Supuestos

```
> shapiro.test(RSL_MgvsDia$residuals)#Normalidad

Shapiro-Wilk normality test

data: RSL_MgvsDia$residuals
W = 0.90528, p-value = 0.07106
```

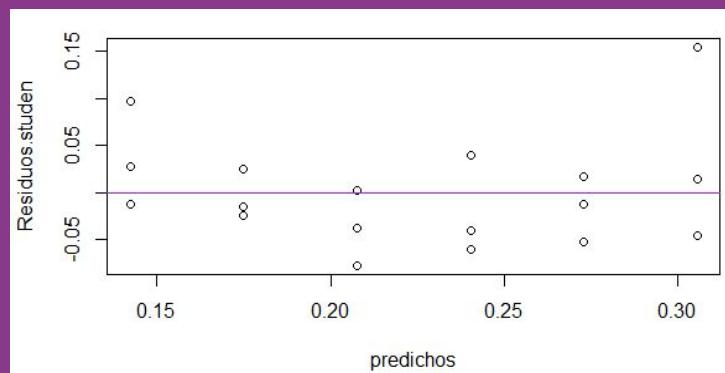


Figura 9: Residuos estudiantizados vs predichos de la concentración de hierro según el tiempo de germinación de brotes de lentejas

Manejo de R para nuestro caso

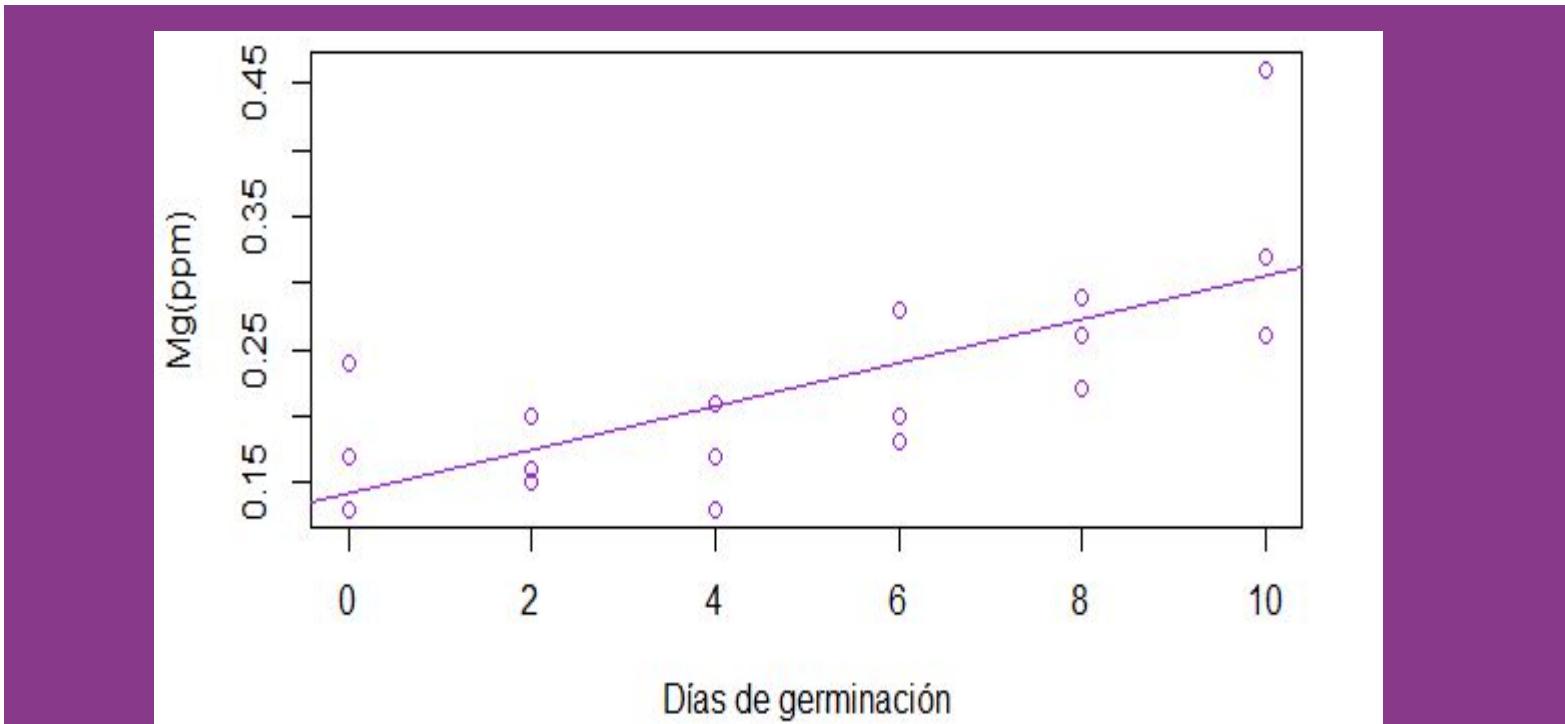


Figura 10: Relación entre la concentración de magnesio y el tiempo de germinación de brotes de lentejas

“ La concentración de magnesio se ve afecta por el tiempo de germinación de brotes de lenteja siendo la mayor concentración de magnesio fue a los 10 días de germinación.

La relación es positiva porque a medida que transcurren los días aumenta la concentración de magnesio. La función es:

$$\hat{y} = 0,142\% + 0,016\% * x$$



MUCHAS
GRACIAS!!!!