



Ing. Agr. Gabriel Esposito UNRC

## Informe de ensayos de fertilización en SOJA 2017-18

### **Objetivo**

- Evaluar el efecto de tres dosis de Microstar sobre la fertilización con fuentes de P usada por productor y sobre testigo sin fertilizar, en maíz temprano y soja en el sur de Córdoba.

### **Metodología**

El ensayo se realizó en un sitio con relieve ondulado a los efectos de comparar los tratamientos de fertilización en diferentes condiciones de suelo.

#### *Tratamientos de fertilización en soja*

- 1) Control
- 2) MAP (Dosis TUA Sur de Córdoba) (80 kg/ha )
- 3) MES Z (Dosis TUA Sur de Córdoba) (80 kg/ha)
- 4) Microstar PZ 20 kg/ha
- 5) Microstar PZ 25 kg/ha
- 6) Microstar PZ 30 kg/ha

### **Determinaciones**

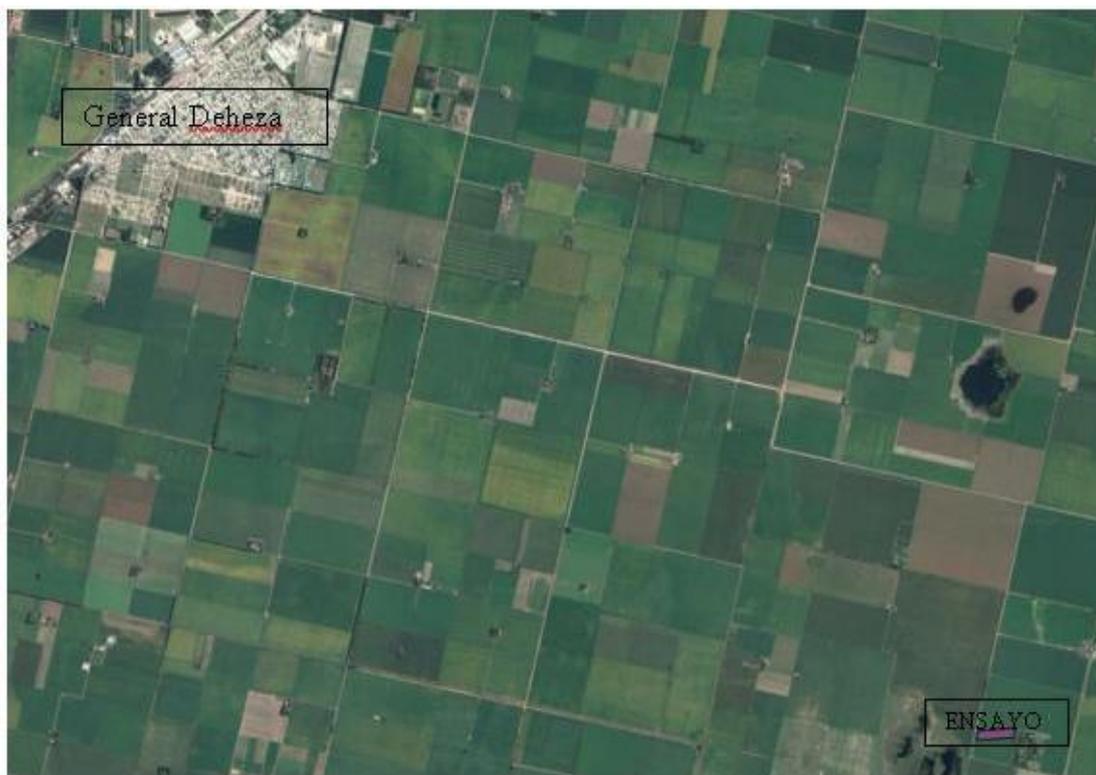
Al momento de la siembra se determinó, mediante análisis de suelo de los primeros 20 cm de profundidad, las siguientes propiedades químicas:

Materia orgánica, pH, P (Bray I), CIC, Bases, Zn y B.



El ensayo se realizó en cercanías a la localidad de General Deheza (Córdoba) (Figura 1), los tratamientos de fertilización se realizaron al momento de la siembra, el cultivo de soja se sembró el 6 de noviembre de 2017, empleando una densidad de 16 semillas por m lineal de surco. La distancia entre surcos de la sembradora fue de 42 cm, el ancho de la misma de 7,98 m utilizando un total de 19 surcos. Cada parcela se sembró atravesando dos zonas de manejo (Figura 2 y 3) a los efectos de evaluar los tratamientos en diferentes sitios.

El rendimiento de grano se determinó mediante cosechadora mecánica equipada con monitor de rendimiento. En cada franja y para cada ambiente se compararon los tratamientos evaluados mediante estadística espacial, utilizando modelos mixtos del programa INFOSTAT. Las comparaciones fueron realizadas con un p valor de 0,10.



**Figura 1.** Ubicación geográfica del experimento de soja (2017/18)



## Ensayo Microstar soja 2017/18



### Zonas de Manejo

- Baja Productividad
- Alta Productividad

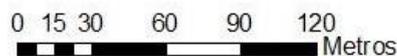


Figura 2. Distribución espacial de las zonas de manejo intra lote.  
Experimento de soja 2017/18



## Ensayo Microstar soja 2017/18



### Tratamientos

- Control
- PZ 20 kg/ha
- PZ 25 kg/ha
- PZ 30 kg/ha
- SPS 80 kg/ha
- SZ 80 kg/ha

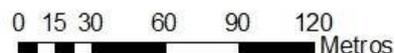


Figura 3. Tratamientos evaluados en el ensayo de soja 2017/18



## Metodología

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis de suelo por zona de manejo. En la misma se puede apreciar que la zona de alta productividad (AP) todas las propiedades químicas del suelo fueron mayores a las de la zona de baja productividad (BP). No obstante, en la misma se puede apreciar que la disponibilidad de P, S y Zn es inferior a lo requerido por el cultivo.

Tabla 1. Resultados del análisis de propiedades químicas del suelo por zona de manejo a inicio del experimento (Campaña 2017/18)

Zonas de manejo	Prof (cm)	MO	N-NO3	P	S-SO4	pH	Zn
AP	0-20	17,5	13,71	11,85	9,12	6,77	0,95
BP	0-20	14,1	13,10	8,70	7,15	6,70	0,72

MO en g/kg. N-NO3, P, S-SO4, Zn en mg/kg.

Como se puede apreciar en la Figura 4, el rendimiento de soja osciló entre 1966 y 6011 kg/ha con un valor medio de 3920 kg/ha. Es necesario resaltar que en este experimento las condiciones hídricas fueron favorables para el crecimiento del cultivo, aunque los registros pluviométricos fueron inferiores a los históricos (340 mm vs 643 mm para el periodo Octubre - Marzo) debido a que la presencia de napa freática fluctuando entre 1,5 y 2,5 m aportó suficiente agua para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo (Figura 5).

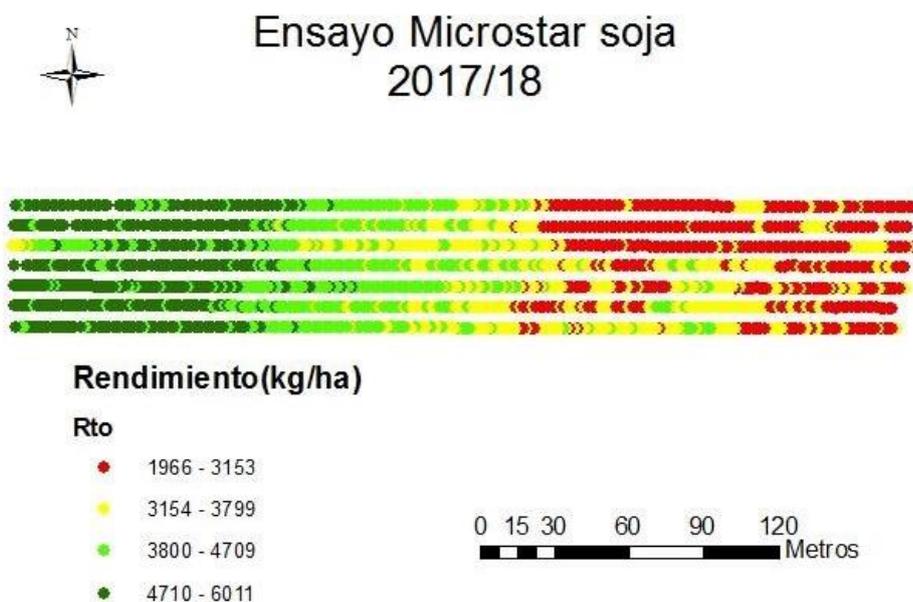
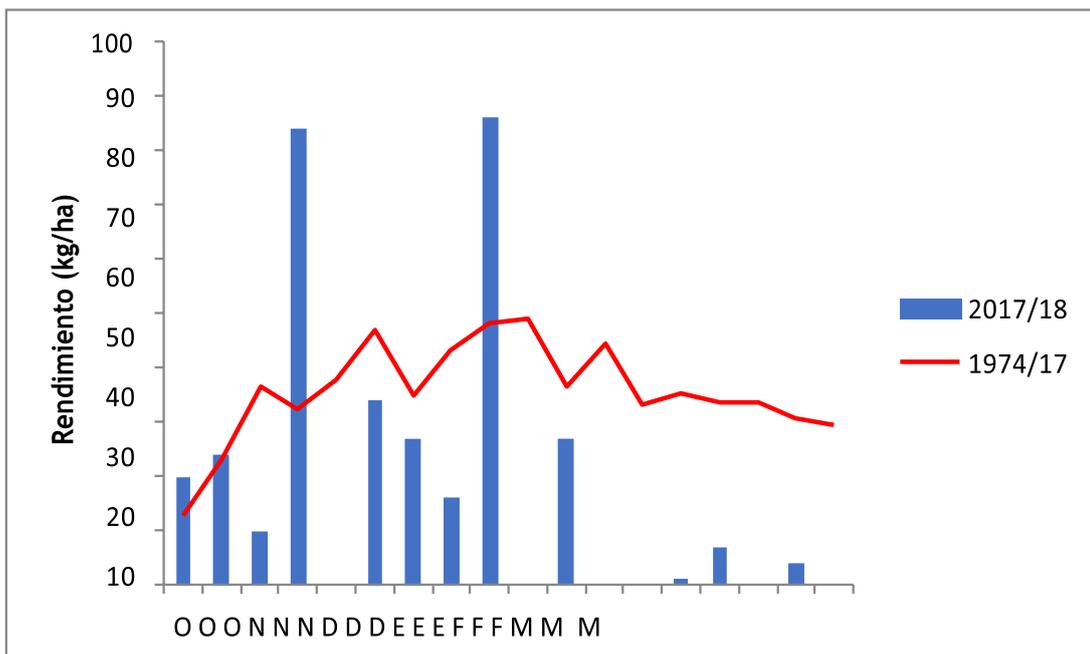


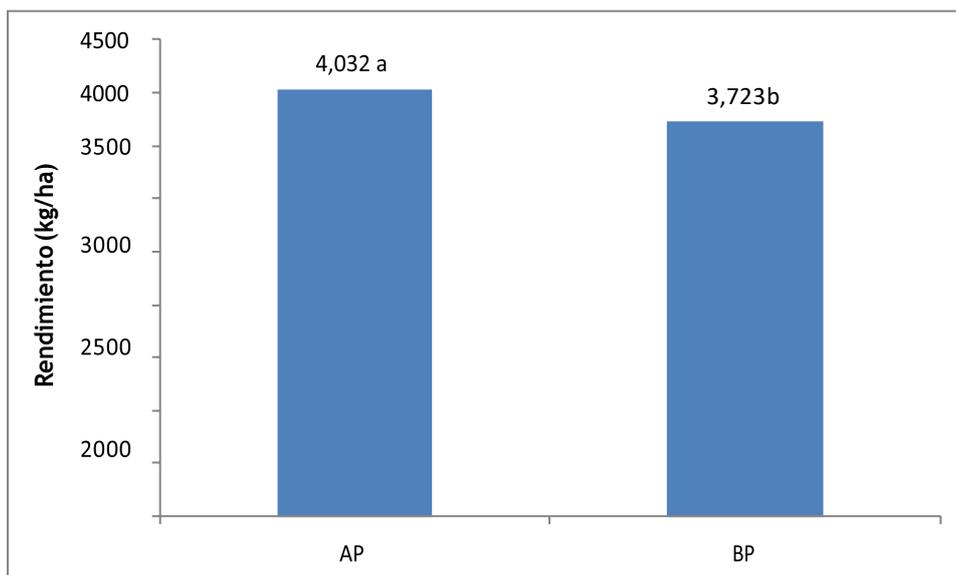
Figura 4. Rendimiento de soja experimento 2017/18



**Figura 5.** Precipitaciones decádicas de la campaña 2017/18 y registros históricos del periodo 1974/2017.

El análisis estadístico de los rendimientos obtenidos en cada tratamiento indica que la interacción zona de manejo por tratamiento no fue estadísticamente significativa. No obstante, se encontraron diferencias por zona de manejo y por tratamiento de manera aditiva (Figura 7 y 8).

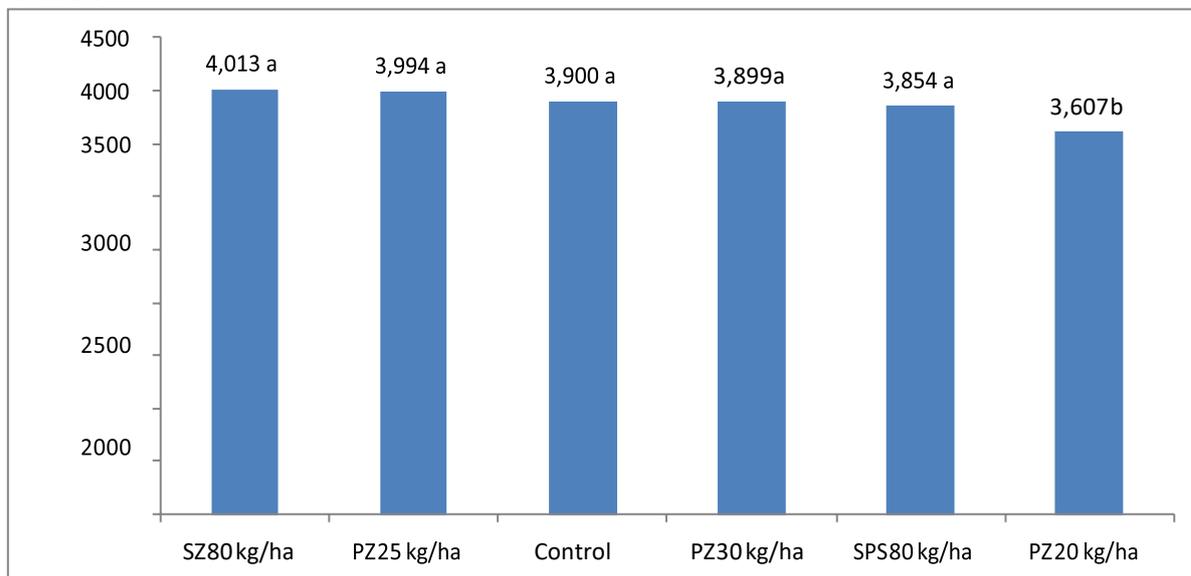
En ambas figuras se puede apreciar que la zona AP superó en rendimiento a la zona BP a razón del 8,23%.



**Figura 7.** Rendimiento por tratamientos. Ensayo soja 2017/18



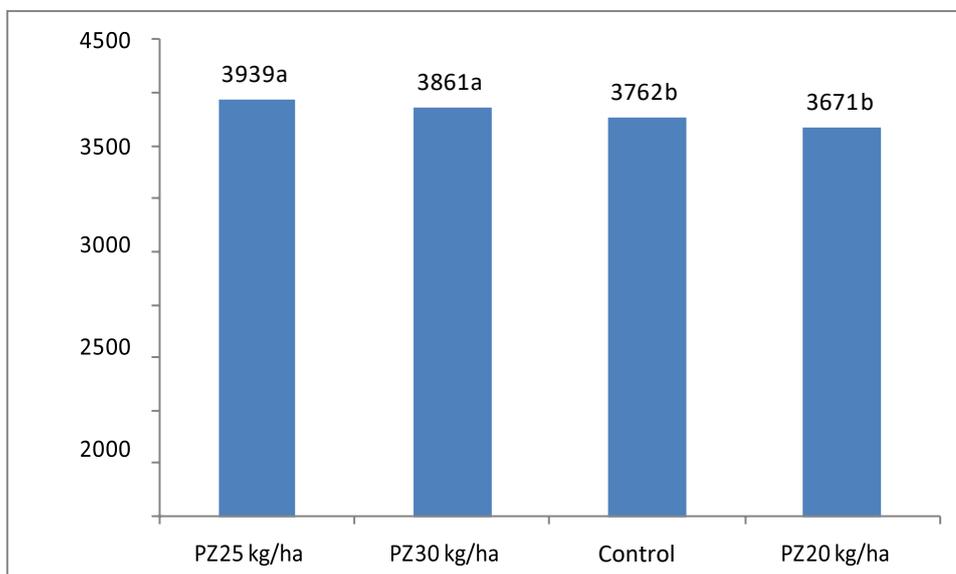
En relación al efecto tratamiento, se puede observar en la Figura 7 que no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los mismos a excepción del tratamiento de 20 kg/ha de Microstar PZ que presentó un menor rendimiento que los demás.



**Figura 7.** Rendimiento por tratamientos. Ensayo soja 2017/18

También se realizó un análisis estadístico entre los tratamientos con diferentes dosis de PZ y el control, el mismo indicó que la interacción tratamiento por zona de manejo fue estadísticamente significativa. Por esta razón se procedió a comparar los tratamientos dentro de cada zona de manejo. Al respecto se encontró que en la zona AP, no se detectaron diferencias entre los tratamientos, mientras que en la zona BP las dosis de 25 y 30 kg/ha fueron la de mejor productividad (Figura 8).

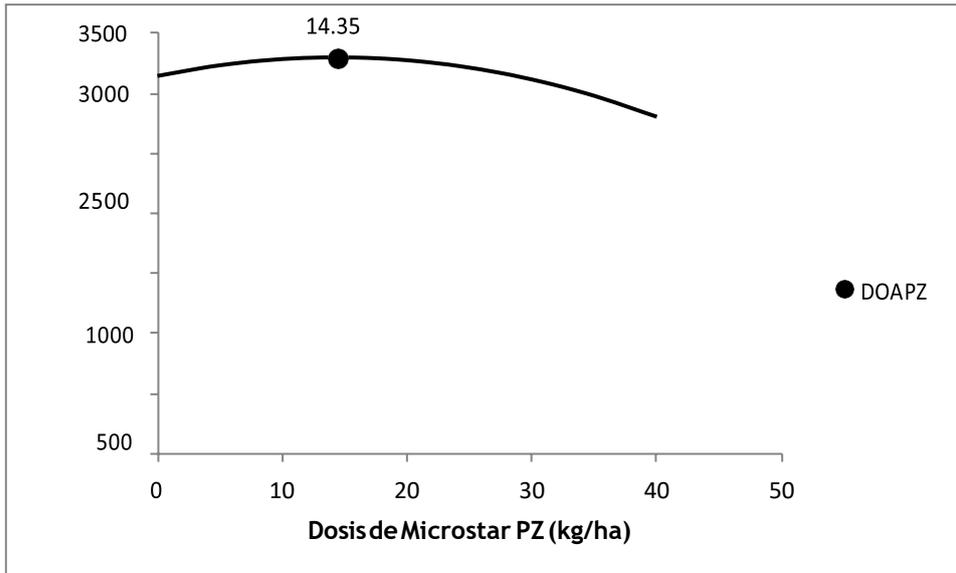
**Figura 8.** Rendimiento por tratamientos en la zona de baja productividad del ensayo de soja 2017/18.





Finalmente se procedió a evaluar la respuesta a la dosis incremental de Microstar PZ por zona de manejo. En este análisis se pudo interpretar que en la zona AP la respuesta no fue estadísticamente significativa y en la BP la dosis óptima agronómica del fertilizante fue de 14,35 kg/ha, con la siguiente ecuación de producción dependiente de la dosis de PZ.

$$3138,76 + 21,52 \text{ PZ} - 0,75 \text{ PZ}^2$$



**Figura 9.** Función de producción de soja dependiente de la dosis de PZ en BP



**Análisis estadístico de todos los tratamientos evaluados  
en el ensayo de soja  
2017/18**

**Modelos lineales generales y mixtos**

**Especificación del modelo en R**

```
mlm.modelo.001_Rto_REML<-gls(Rto~1+Trat+z+z:Trat
,correlation=corExp(form=~as.numeric(as.character(X))+as.
numeric(as.character(Y))
,metric="euclidean"
,nugget=FALSE)
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=mlm.modeloR.data01)
```

**Resultados para el modelo: mlm.modelo.001\_Rto\_REML**

Variable dependiente: Rto

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
1676	23842.01	23917.85	-11907.01	703.12	0.50

AIC y BIC menores implica mejor

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	870.95	<0.0001
Trat	5	3.51	0.0037
z	1	6.76	0.0094
Trat:z	5	0.99	0.4247

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	954.42	<0.0001
Trat	5	3.38	0.0048
z	1	7.65	0.0057
Trat:z	5	0.99	0.4247

**Pruebas de hipótesis tipo III - prueba**

	Source	numDF	F-value	p-value
1	den Trat	5	3.51	0.0037
2	3 z Trat:z	1 5	1664 1664	6.76 0.99 0.0094 0.4247

**Efectos fijos**

	Value	Std.Error	t-value	p-value
(Intercept)	3715.04	159.64	23.27	<0.0001
TratPZ 20 kg/h	-116.64	178.34	-0.65	0.5132



TratPZ 25 kg/h	100.59	150.26	0.67	0.5033
TratPZ 30 kg/h	-13.11	152.94	-0.09	0.9317
TratSPS 80 kg/	-32.52	148.66	-0.22	0.8269
TratSZ 80 kg/h	112.40	214.71	0.52	0.6007
z1	370.01	152.43	2.43	0.0153
TratPZ 20 kg/h:z1	-353.27	225.03	-1.57	0.1166
TratPZ 25 kg/h:z1	-13.58	193.17	-0.07	0.9440
TratPZ 30 kg/h:z1	23.48	191.90	0.12	0.9026
TratSPS 80 kg/:z1	-26.56	192.85	-0.14	0.8905
TratSZ 80 kg/h:z1	2.00	254.96	0.01	0.9937

### Estructura de correlación

Modelo de correlación: Exponential spatial correlation

Formula:  $\sim as.numeric(as.character(X)) +$

$as.numeric(as.character(Y))$  Métrica: euclidean

Parámetros del modelo

Parámetro	Estim
range	13.36

### Rto - Medias ajustadas y errores estándares para Trat

DGC (Alfa=0.10)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Trat	Medias	E.E.	
SZ 80 kg/h	4013.45	175.01	A
PZ 25 kg/h	3993.84	173.49	A
Control	3900.05	141.95	A
PZ 30 kg/h	3898.68	158.29	A
SPS 80 kg/	3854.25	172.13	A
PZ 20 kg/h	3606.78	184.08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ )

### Rto - Medias ajustadas y errores estándares para z

DGC (Alfa=0.10)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

z	Medias	E.E.			
1	4032.18	145.18			A
-1	3723.49	143.19		B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ )



### Rto - Medias ajustadas y errores estándares para z\*Trat

DGC (Alfa=0.10)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

z	Trat	Medias	E.E.	
1	SZ 80 kg/h	4199.45	211.26	A
1	PZ 25 kg/h	4172.06	201.17	A
1	PZ 30 kg/h	4095.42	188.10	A
1	Control	4085.05	162.58	A
1	SPS 80 kg/	4025.98	199.24	A
-1	SZ 80 kg/h	3827.44	204.10	B
-1	PZ 25 kg/h	3815.63	197.15	B
-1	Control	3715.04	159.64	B
-1	PZ 30 kg/h	3701.93	184.12	B
-1	SPS 80 kg/	3682.52	196.48	B
1	PZ 20 kg/h	3615.15	213.01	B
-1	PZ 20 kg/h	3598.41	208.60	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ )

### Interacción ZM por Tratamiento

#### Modelos lineales generales y mixtos

#### Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.007_Rto_REML<-lme(Rto~1+Trat+z+z:Trat
,random=list(CATX=pdIdent(~1))
,correlation=corExp(form=~as.numeric(as.character(X))+as.
numeric(as.character(Y))
,metric="euclidean"
,nugget=FALSE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=mlm.modeloR.data07
,keep.data=FALSE)
```

#### Resultados para el modelo: mlm.modelo.007\_Rto\_REML

Variable dependiente: Rto

#### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
1192	16827.61	16883.46	-8402.81	349.55	0.31	0.86

AIC y BIC menores implica mejor

#### Pruebas de hipótesis secuenciales

	denDF	F-value	numDF	p-value
(Intercept)			1	1175
Trat	3	1175	15.13	<0.0001
z	1	1175	2.24	0.1346
Trat:z	3	1175	3.91	0.0085



### Pruebas de hipótesis tipo III - prueba

	Source	numDF	F-value	p-value
1	den	3	15.73	<0.0001
2	3 z Trat:z	1 3	1175.1175 1.413.91	0.235.7085

### Efectos fijos

Value	Std.Error	DF	t-value	p-value	
(Intercept)	3761.96	259.18	1175	14.52	<0.0001
TratPZ 20 kg/h	-91.10	69.56	1175	-1.31	0.1906
TratPZ 25 kg/h	176.74	67.53	1175	2.62	0.0090
TratPZ 30 kg/h	98.99	67.71	1175	1.46	0.1440
z1	282.75	113.90	1175	2.48	0.0132
TratPZ 20 kg/h:z1	-339.15	99.93	1175	-3.39	0.0007
TratPZ 25 kg/h:z1	-151.79	97.06	1175	-1.56	0.1181
TratPZ 30 kg/h:z1	-137.79	96.75	1175	-1.42	0.1547

### Parámetros de los efectos aleatorios

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent Formula:  
~1|CATX

Desvíos estándares y correlaciones

	(const)
(const)	796.07

### Estructura de correlación

Modelo de correlación: Exponential spatial correlation  
Formula: ~ as.numeric(as.character(X)) + as.numeric(as.character(Y)) |  
CATX Métrica: euclidean

Parámetros del modelo

Parámetro	Estim	range	2.83

### Rto - Medias ajustadas y errores estándares para Trat

DGC (Alfa=0.10)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Trat	Medias	E.E.	PZ 25
kg/h	4004.18	255.25	A
PZ 30 kg/h	3933.43	255.30	A
Control	3903.33	253.50	A
PZ 20 kg/h	3642.66	255.24	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ )

### Rto - Medias ajustadas y errores estándares para z

DGC (Alfa=0.10)

Procedimiento de corrección de p-valores: No



z

Medi	E.E.	1	3933.69	258.74	A
as					
-1	3808.11	257.50			A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ )

### Rto - Medias ajustadas y errores estándares para z\*Trat

DGC (Alfa=0.10)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

z	Trat	Medias	E.E.	1	PZ	25
kg/h	4069.66	263.92	A			
1	Control	4044.71	260.46		A	
1	PZ 30 kg/h	4005.91	264.08		A	
-1	PZ 25 kg/h	3938.69	262.08		A	
-1	PZ 30 kg/h	3860.95	262.28		A	
-1	Control	3761.96	259.18			B
-1	PZ 20 kg/h	3670.86	262.30		B	1 PZ 20
kg/h	3614.47	263.94	B			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ )

Fertilizante

**Microstar**<sup>®</sup>  
PZ



 **RIZOBACTER**

Avda. Dr. Arturo Frondizi N° 1150 - Parque Industrial - C.P. B2702HDA  
Pergamino (Bs.As.) Argentina - Tel.: +54 2477-409400