

Informe ensayo de fertilización con distintas fuentes y dosis en maíz

Objetivos

Evaluar el efecto de la aplicación de distintas fuentes de fertilizantes en el cultivo de maíz temprano en el sur de Córdoba.

Evaluar la respuesta a la aplicación de AGST y determinar la dosis óptima agronómica.

Materiales y Métodos

El ensayo se llevó a cabo en la zona rural de Chajan, durante la campaña 2018/19. Se sembró sobre un lote con un cultivo antecesor de soja el híbrido DK 7210 VT3P el día 11/10/2018, a una distancia entre surcos de 0,525 m con una densidad de 65000 semillas ha⁻¹, a la siembra se aplicaron los tratamientos de fertilización indicados en la Tabla 1 y se refertilizó el 28/11/2018 con 160 kg ha⁻¹ de CAN.

Tabla 1. Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Fuente	Dosis (kg ha ⁻¹)
T0	-	-
T1	AGTS	25
T2	AGTS	30
T3	AGTS	35
T4	MAP	80
T5	MESZ	80

Cada tratamiento se sembró en franjas atravesando el lote (Figura 1), con un ancho de 16 surcos y un largo de 380 m.

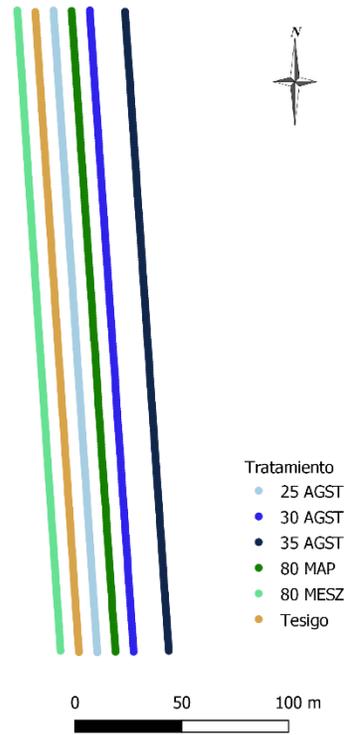


Figura 1. Plano del ensayo a campo.

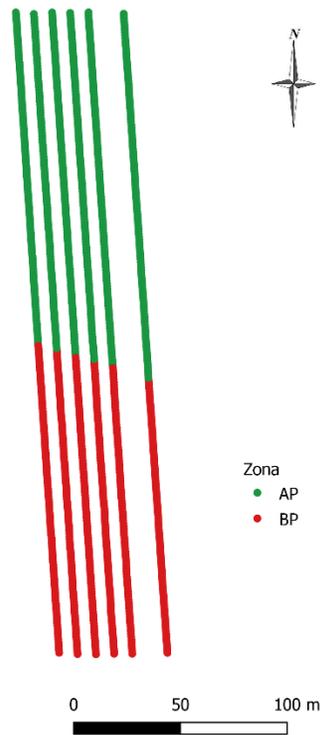


Figura 2. Plano del ensayo a campo con las zonas abarcadas en el mismo.

Resultados

Precipitaciones durante el ciclo del cultivo

Las precipitaciones acumuladas durante el ciclo del cultivo fueron de 646 mm, las mismas estuvieron por encima de la normal que es de 548 mm (Figura 3). En cuanto a su distribución, se puede observar que durante el periodo crítico del cultivo de maíz (finales de diciembre y principios de enero), las precipitaciones superaron a la normal por lo cual generó condiciones óptimas de crecimiento durante este periodo en que se define el número de granos y por ende el rendimiento. Si bien a fines de enero y las dos primeras décadas de febrero, periodo en que se define el peso de los granos, se registró una menor cantidad de precipitaciones respecto a la media, el rendimiento no fue afectado en gran medida debido al agua acumulada en el perfil.

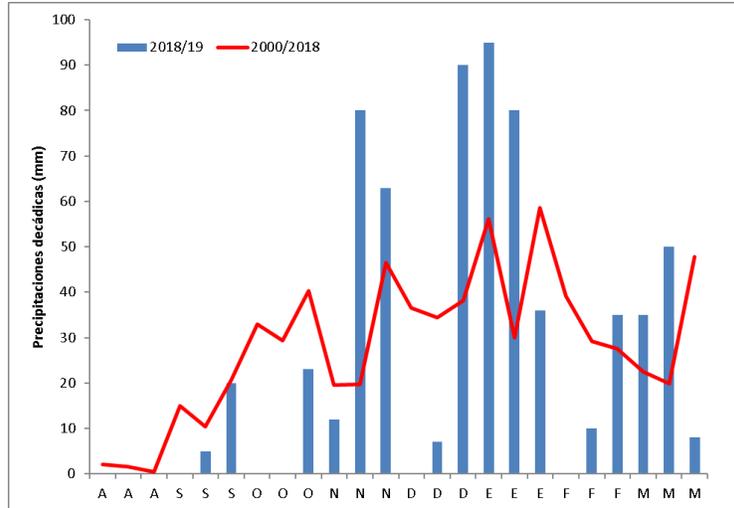


Figura 3. Precipitaciones decádicas durante el desarrollo del cultivo.

Análisis de suelo

En la Tabla 2 se pueden observar las propiedades químicas del suelo donde se realizó el estudio. Como se observa no se encontraron diferencias importantes en el contenido de materia orgánica, pH y Zn entre los ambientes, mientras que el contenido de P cayó un 36% en el bajo producto de una mayor extracción en este sector del lote por parte de los cultivos debido a la mayor producción consecuencia de una mayor disponibilidad hídrica por su ubicación topográfica.

Tabla 2. Contenido de materia orgánica (MO), fósforo disponible (P), azufre de sulfatos (S-SO₄), nitrógeno de nitratos (N-NO₃), pH, Zinc (Zn).

	MO (g/kg)	P (mg/kg)	S-SO₄ (mg/kg)	N-NO₃ (mg/kg)	pH	Zn (mg/kg)
Loma	14,47	22,9	13	19,6	5,7	0,50
Bajo	14,27	14,7	7,5	33,5	5,8	0,50

Rendimiento y componentes directos

El rendimiento medio del ensayo fue de 9960 kg ha⁻¹, siendo el menor rendimiento registrado de 5436 kg ha⁻¹ y el rendimiento mas alto de 14461 kg ha⁻¹ (Figura 4).

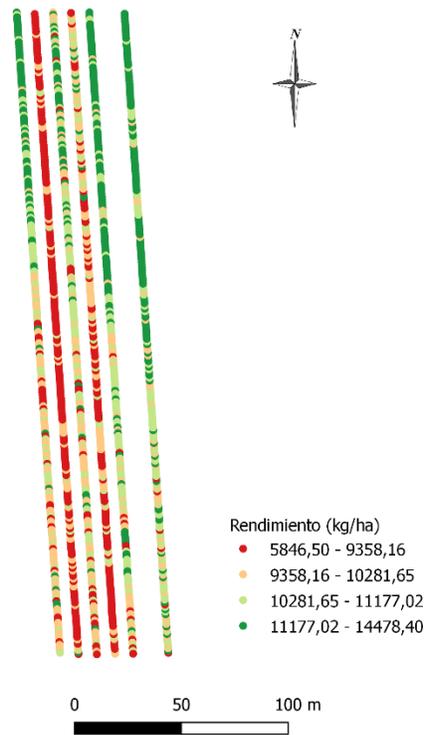


Figura 4. Mapa de rendimiento del ensayo.

El rendimiento del maíz fue afectado por los tratamientos de fertilización, las zonas de manejo y la interacción de ambos factores ($p < 0,0001$). En la Tabla 3 se presenta el rendimiento para cada uno de los tratamientos en las zonas evaluadas.

Tabla 3. Rendimiento (kg/ha) en los distintos tratamientos evaluados.

Zona de Manejo	Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	
AP	Testigo	8475	F
	25 AGST	10791	C
	30 AGST	11678	A
	35 AGST	11740	A
	80 MAP	9821	D
	80 MESZ	11210	B
BP	Testigo	8730	F
	25 AGST	10016	D
	30 AGST	10530	C
	35 AGST	10591	C
	80 MAP	9003	E
	80 MESZ	9970	D

En Columnas letras distintas indican diferencias significativas al 5% según test de separación de medias DGC.

Los resultados de este ensayo indican que se encontró un efecto interactivo entre la zona de manejo y los distintos tratamientos, en este sentido se observa que en el tratamiento testigo (sin aplicación de fertilizante) no se encontró diferencia entre las zonas y se registraron los menores valores de rendimiento, respecto al resto de los tratamientos en las dos zonas. Para todos los restantes tratamientos de fertilización, se encontraron diferencias estadísticas entre zonas, siendo en todos los casos más productiva la zona AP (Tabla 3).

Los tratamientos en los cuales se alcanzó el máximo rendimiento fueron los de 30 y 35 kg ha⁻¹ de AGST en la zona de alta producción, con un rendimiento de alrededor de 11700 kg ha⁻¹, a continuación, se ubicó el tratamiento de 80 kg ha⁻¹ de MESZ (11210 kg ha⁻¹) en la zona de AP. Luego lo siguieron el tratamiento de 25 kg ha⁻¹ en AP, 30 y 35 kg ha⁻¹ de AGST en la zona de BP (10791, 10591 y 10530, respectivamente). Los tratamientos de 25 kg ha⁻¹ AGST en BP, 80 kg ha⁻¹ MESZ en BP y 80 kg ha⁻¹ MAP en AP, con un rendimiento alrededor de 9900 kg ha⁻¹ se ubicaron por debajo de los tratamientos anteriores y fueron seguidos por 80 kg ha⁻¹ MAP en BP que alcanzo un rendimiento de 9003 kg ha⁻¹. Finalmente se posiciono el tratamiento testigo con un rendimiento de 8730 y 8470 kg ha⁻¹ para BP y AP respectivamente.

Respuesta a AGST

La respuesta del rendimiento de maíz a la aplicación de AGST, no ajusto a un modelo cuadrático, sino que se ajustó a un modelo lineal (Figura 5). Esto indica que la dosis de fertilizante más alta utilizada en este experimento (35 kg ha⁻¹), no alcanzo a saturar la respuesta, por lo tanto, la dosis optima agronómica fue la máxima probada (solución de esquina) e indicaría la necesidad de incorporar en futuros estudios dosis superiores a los 35 kg ha⁻¹ a fin de saturar la respuesta.

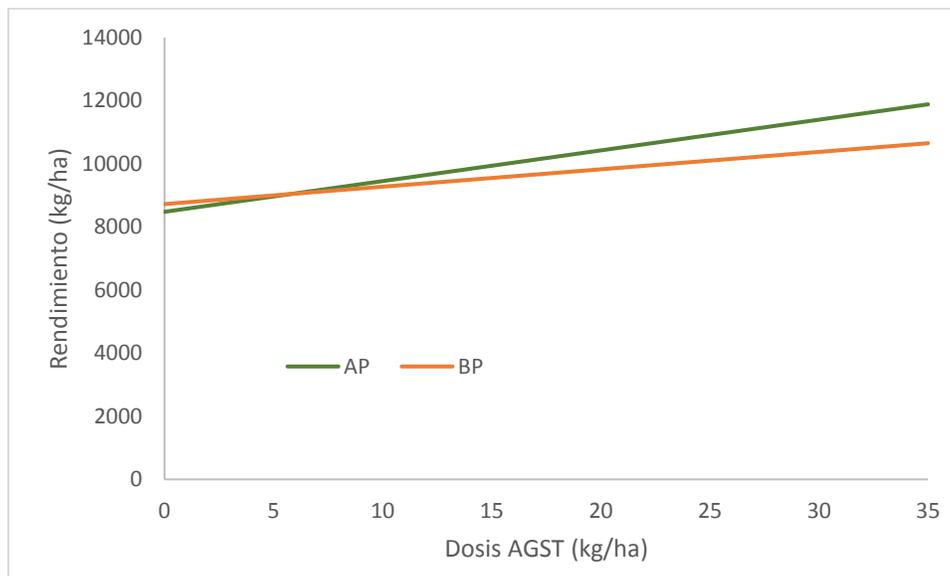


Figura 5. Rendimiento (kg ha⁻¹) en función de la dosis de AGST (kg ha⁻¹) aplicada en maíz.



Modelos lineales generales y mixtos

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.000_rto_REML<-gls(rto~1+Zona+Trat+Zona: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.data00)
```

Resultados para el modelo: mlm.modelo.000_rto_REML

Variable dependiente: rto

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
1426	23309,63	23383,19	-11640,82	926,42	0,57

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	100850,54	<0,0001
Zona	1	160,82	<0,0001
Trat	5	165,38	<0,0001
Zona:Trat	5	12,68	<0,0001

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	102412,75	<0,0001
Zona	1	178,19	<0,0001
Trat	5	171,29	<0,0001
Zona:Trat	5	12,68	<0,0001

Efectos fijos

	Value	Std.Error	t-value	p-value
(Intercept)	10791,42	106,54	101,29	<0,0001
ZonaBP	-775,07	156,76	-4,94	<0,0001
Trat30 AGST	886,21	149,86	5,91	<0,0001
Trat35 AGST	948,15	148,71	6,38	<0,0001
Trat80 MAP	-970,32	150,52	-6,45	<0,0001
Trat80 MESZ	418,98	151,69	2,76	0,0058



TratTesigo	-2316,50	152,02	-15,24	<0,0001
ZonaBP:Trat30 AGST	-372,88	222,19	-1,68	0,0935
ZonaBP:Trat35 AGST	-373,96	222,05	-1,68	0,0924
ZonaBP:Trat80 MAP	-43,22	221,58	-0,20	0,8454
ZonaBP:Trat80 MESZ	-465,20	221,10	-2,10	0,0356
ZonaBP:TratTesigo	1030,36	221,27	4,66	<0,0001

Estructura de correlación

Modelo de correlación: Exponential spatial correlation

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

Metrica: euclidean

Parámetros del modelo

Parámetro	Estim
range	1,13

rto - Medias ajustadas y errores estándares para Zona*Trat

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Zona	Trat	Medias	E.E.				
AP	35 AGST	11739,57	103,76	A			
AP	30 AGST	11677,63	105,39	A			
AP	80 MESZ	11210,39	107,98		B		
AP	25 AGST	10791,42	106,54			C	
BP	35 AGST	10590,54	118,59			C	
BP	30 AGST	10529,68	117,41			C	
BP	25 AGST	10016,35	115,38				D
BP	80 MESZ	9970,13	112,89				D
AP	80 MAP	9821,09	106,51				D
BP	80 MAP	9002,80	115,56				E
BP	Tesigo	8730,20	112,96				F
AP	Tesigo	8474,91	108,60				F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Modelos lineales generales y mixtos

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.002_rto_REML<-gls(rto~1+P+Z+PZ+P2+P2Z
,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.data02)
```

Resultados para el modelo: mlm.modelo.002_rto_REML

Variable dependiente: rto



Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2
948	15593,92	15632,70	-7788,96	942,56	0,60

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales `mlm.modelo.002_rto_REML`

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	11677,94	<0,0001
P	1	37,44	<0,0001
Z	1	2,68	0,1022
PZ	1	3,87	0,0493
P2	1	0,13	0,7230
P2Z	1	0,14	0,7100

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	67918,18	<0,0001
P	1	706,89	<0,0001
Z	1	77,86	<0,0001
PZ	1	51,25	<0,0001
P2	1	0,16	0,6937
P2Z	1	0,14	0,7100

Efectos fijos

	Value	Std.Error	t-value	p-value
(Intercept)	8596,74	79,55	108,06	<0,0001
P	80,81	13,21	6,12	<0,0001
Z	-129,64	79,25	-1,64	0,1022
PZ	25,90	13,16	1,97	0,0493
P2	-0,14	0,40	-0,35	0,7230
P2Z	-0,15	0,39	-0,37	0,7100

Estructura de correlación

Modelo de correlación: Exponential spatial correlation

Formula: `~ as.numeric(as.character(X)) + as.numeric(as.character(Y))`

Metrica: euclidean

Parámetros del modelo

Parámetro	Estim
range	1,12

Modelos lineales generales y mixtos

Especificación del modelo en R



```
mlm.modelo.003_rto_REML<-gls(rto~1+P+Z+PZ
,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.data03)
```

Resultados para el modelo: `mlm.modelo.003_rto_REML`

Variable dependiente: `rto`

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2
948	15590,15	15619,25	-7789,08	941,17	0,60

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales `mlm.modelo.003_rto_REML`

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	12410,28	<0,0001
P	1	668,25	<0,0001
Z	1	2,54	0,1114
PZ	1	51,63	<0,0001

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	68413,94	<0,0001
P	1	712,02	<0,0001
Z	1	78,45	<0,0001
PZ	1	51,63	<0,0001

Efectos fijos

	Value	Std.Error	t-value	p-value
(Intercept)	8603,53	77,23	111,40	<0,0001
P	76,22	2,95	25,85	<0,0001
Z	-122,59	76,94	-1,59	0,1114
PZ	21,11	2,94	7,19	<0,0001

Estructura de correlación

Modelo de correlación: *Exponential spatial correlation*
 Formula: `~ as.numeric(as.character(X)) + as.numeric(as.character(Y))`
 Metrica: *euclidean*

Parámetros del modelo



<u>Parámetro</u>	<u>Estim</u>
range	1,11