

Informes Técnicos Desarrollo Rural

ISSN: 2796-910X

URL: inta.gob.ar/documentos/informes-tecnicos-desarrollo-rural-inta-pergamino

Responsable: María Eugenia Sticconi
Editor: César Mariano Baldoni

Estación Experimental Agropecuaria Pergamino
Ruta 32 KM 4,5 (6700) Pergamino
Buenos Aires, Argentina
+54 02477 43-9076

Fertilización biológica de maíz

*Autores: Fernando JECKE, Fernando MOUSEGNE,
Carlos FERNÁNDEZ (Biótica LS)*

#maíz #nitrógeno #fertilizaciónbiológica #producción

**Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina**



Introducción

El maíz es un cultivo exigente que encuentra su limitación al rendimiento durante los ciclos húmedos en factores nutricionales. Cuando se carece de nitrógeno (N), el principal elemento en la nutrición de gramíneas, se afecta la expansión y duración del área foliar, reducen el cuajado de flores y producen aborto de granos. En ambientes con largo historial de balance negativo, la cantidad, distribución y forma de aplicación durante el ciclo es, quizás, la principal decisión de manejo y la mayor inversión realizada en el cultivo.

La fijación biológica del N es la forma más importante de incorporación a la superficie de la tierra. Se estima que, del total de ingresado, solo el 10% proviene de precipitación atmosférica (tormentas eléctricas) y el resto es por procesos biológicos. Sin embargo, mucho N atmosférico es incorporado al suelo a través de los fertilizantes químicos.

Cuando se analiza la pérdida de N, la volatilización del gas amoníaco (NH_3) puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores de ambiente, suelo y manejo tales como temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial y la dosis y localización del fertilizante (Hargrove, 1988).

Existen, sin embargo, otras vías de salida del N, como la lixiviación y desnitrificación. La utilización de fertilizantes nitrogenados es costosa y, a largo plazo, contamina los ecosistemas; en cambio la fijación biológica de nitrógeno representa una alternativa económica y no contaminante.

Los organismos fijadores de N (diazotróficos) son procariontes que presentan el sistema enzimático de la nitrogenasa responsable de catalizar la reducción del N atmosférico a amonio y la utilización de los mismos (sobre todo en el complejo *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* con leguminosas) es una tecnología que avanza en forma permanente en los cultivos extensivos de la región pampeana.

La introducción y generalización de diferentes inoculantes, fertilizantes foliares y activadores de las funciones biológicas de las plantas se consideran entre los logros más importantes alcanzados en las ciencias agrícolas ya que, si en el pasado muy pocos de estos productos se comercializaban en el mundo, en la actualidad se emplea un número elevado de ellos con resultados más que satisfactorios. Resulta una opción para aumentar significativamente en cantidad y calidad los rendimientos de los cultivos pues desarrollan procesos agrícolas con un mínimo impacto sobre el agro ecosistema y, en general, con una disminución porcentual de los costos de producción.

El objetivo de este ensayo fue cuantificar el efecto de la aplicación de organismos fijadores de N sobre el rendimiento y sus componentes en maíz en distintas condiciones de fertilización nitrogenada.

Materiales y métodos

Los experimentos se llevaron a cabo en la Unidad Demostrativa de la Agencia de Extensión Rural del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de la localidad de San Antonio de Areco. Se estableció sobre un suelo Serie Capitán Sarmiento, Argiudol vértico, familia fina, illítica, térmica (Soil Taxonomy V. 2014) con un híbrido de maíz denominado KM 4216 Vip 3 con fecha de siembra el 05 de octubre de 2021 espaciado a 0,7 metros entre surcos y una densidad de siembra de 65000 pl/ha. El cultivo antecesor fue trigo/soja. Se fertilizó con 100 kg/ha de Fosfato Mono-amónico a la siembra y la fertilización nitrogenada (urea) se aplicó en V4 el 04 noviembre de 2021 según tratamiento. En barbecho largo se aplicó 2.5 L/ha Glifosato al 62 % + 1,5 Kg/ha de Atrazina + 700 cm³/ha de 2,4 D + 130 cm³/ha. de Dicamba. En Barbecho corto se aplicó 2.2 L/ha Glifosato al 62 % + 35 gr/ha de Heat + 700 cm³/ha de 2,4 D. En preemergencia se aplicó 1.2 L/ha de Paraquat + 1.0 L/ha de Acuron + 1.0 L/ha de S-Metalocloro.

Los ensayos tuvieron un diseño en bloques al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 2,8 m de ancho y 5 m de largo con 4 surcos distanciados a 0,7 m entre sí. Las aplicaciones foliares se realizaron en V8 (30 noviembre de 2021) con una mochila experimental de gas carbónico cuya barra tiene 5 pastillas de cono hueco tipo 80 010 distanciadas a 0,35 m entre sí. La presión de trabajo fue de 4 bar y el volumen erogado fue de 125 L/ha. Como coadyuvante se utilizó Rizospray Extremo con una dosis de 200 cc/ha. En la Tabla 1 se detallan los tratamientos aplicados, en la Tabla 2 las condiciones climáticas durante la aplicación de los tratamientos y en la Tabla 3 el análisis de suelo. En V10 (8 de diciembre de 2021) se evaluó el porcentaje de intercepción de la radiación con un ceptómetro.

A cosecha se determinaron los componentes del rendimiento como son el número de espigas por planta, contando el número de espigas y plantas sobre 4 metros lineales de cada parcela, y el número de granos por espiga, contando la cantidad de granos en 5 espigas de cada parcela cosechada.

La cosecha se realizó manualmente dentro de los dos surcos centrales el 22 de marzo de 2022 recolectando las espigas de tres metros lineales de cada parcela. Sobre una muestra del grano cosechado se determinó el peso de mil granos (PMG) y peso hectolítrico (PH). Se realizó un análisis de la varianza para un DBCA y se compararon las medias con el test LSD al 0,05.

TABLA 1. Tratamientos de fertilización biológica aplicados en el experimento. Campaña 2021-22.

Tratamiento	Descripción	Dosis	Unidad Dosis	Momento de aplicación	Fertilización P	Fertilización N	% de Fert N máxima
1	TESTIGO 100%				100 Kg/ha MAP	200 Kg/ha Urea	100% N
2	TESTIGO 70%				100 Kg/ha MAP	140 Kg/ha Urea	70% N
3	TESTIGO 50%				100 Kg/ha MAP	100 Kg/ha Urea	50% N
4	TESTIGO 0%				100 Kg/ha MAP	0 Kg/ha Urea	0% N
5	GD	400	cc/ha	Foliar V6	100 Kg/ha MAP	100 Kg/ha Urea	50% N
6	GD	800	cc/ha	Foliar V6	100 Kg/ha MAP	100 Kg/ha Urea	50% N
7	PBK	400	cc/ha	Foliar V6	100 Kg/ha MAP	100 Kg/ha Urea	50% N
8	PBK	800	cc/ha	Foliar V6	100 Kg/ha MAP	100 Kg/ha Urea	50% N
9	GD + PBK	200 + 200	cc/ha	Foliar V6	100 Kg/ha MAP	100 Kg/ha Urea	50% N
10	GD + PBK	400 + 400	cc/ha	Foliar V6	100 Kg/ha MAP	100 Kg/ha Urea	50% N
11	GD	800	cc/ha	Foliar V6	100 Kg/ha MAP	140 Kg/ha Urea	70% N
12	PBK	800	cc/ha	Foliar V6	100 Kg/ha MAP	140 Kg/ha Urea	70% N
13	GD + PBK	400 + 400	cc/ha	Foliar V6	100 Kg/ha MAP	140 Kg/ha Urea	70% N
14	GD	800	cc/ha	Foliar V6	100 Kg/ha MAP	0 Kg/ha Urea	0% N
15	PBK	800	cc/ha	Foliar V6	100 Kg/ha MAP	0 Kg/ha Urea	0% N
16	GD + PBK	400 + 400	cc/ha	Foliar V6	100 Kg/ha MAP	0 Kg/ha Urea	0% N

TABLA 2. Condiciones climáticas durante la aplicación de los tratamientos en V8 (30/11/2021).

Variable	Momento de aplicación
Temperatura	25.2 °C
Vel. Viento	6.9 Km/h
Vel Rafaga	21.3 km/h
Precipitacion diaria	0 mm
Humedad atmosferica	0,46

TABLA 3. Análisis de suelo efectuado al momento de la siembra.

Materia Orgánica (%)	Fósforo extractable (mg kg ⁻¹)	N-Nitratos 0-20 cm (ppm)	N-Nitratos 20-40 cm (ppm)	N-Nitratos 40-60 cm (ppm)	pH (agua 1:2,5)
3.4	35,9	19,2	15,5	7,75	5.7
Bajo	Alto	Medio	Medio	Medio	Acido

FOTOGRAFÍAS 1 y 2. Vistas del experimento.

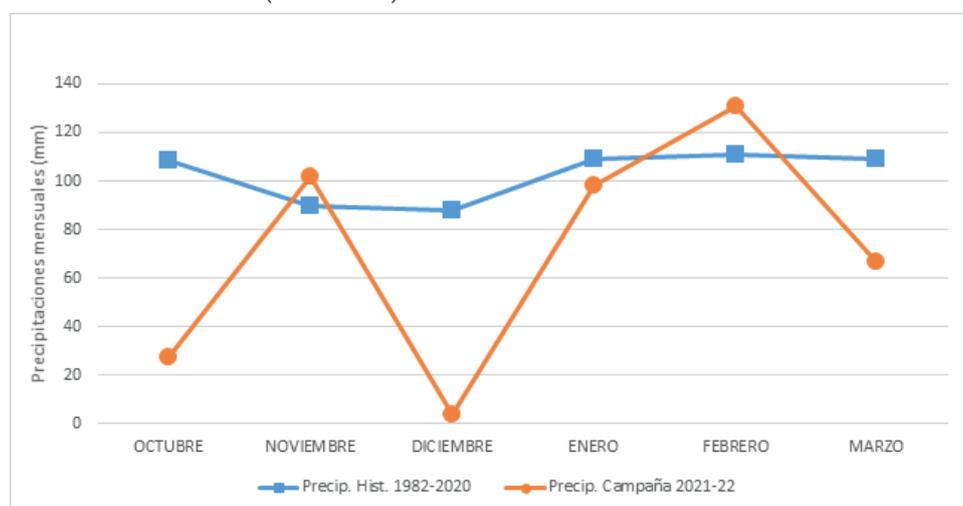


Materiales y métodos

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones mensuales registradas entre octubre 2021 y marzo 2022, comparado con las precipitaciones promedios mensuales registradas para los mismos meses entre 1982 y 2020.

La precipitación total registrada durante el ciclo de crecimiento del cultivo fue de 429 mm, mientras que el promedio histórico entre el año 1982 y 2019 para los mismos meses fue de 615 mm, evidenciando una considerable disminución de oferta hídrica que tuvo durante su crecimiento. A su vez, como se observa en la Figura 1, hubo una distribución muy irregular de los eventos de lluvias, con escasas precipitaciones a la siembra en el mes de octubre, que condicionó un establecimiento lento del cultivo, y una mayor oferta en noviembre que permitió un buen desarrollo vegetativo. Sin embargo, durante el mes de diciembre y hasta mediados de enero las precipitaciones fueron muy inferiores a las normales, que conjugadas con las elevadas temperaturas ambientales determinaron que el cultivo transite el periodo crítico en situaciones altamente estresantes. Esta situación se revirtió desde mediados de enero en adelante permitiendo un adecuado período de llenado de granos.

FIGURA 1. Precipitaciones mensuales campaña 2021-22 y precipitaciones promedio mensuales Históricas (1982-2020) en la localidad de San Antonio de Areco.



En la Tabla 4 se presentan las medias de rendimiento, PMG y PH; mientras que en la Figura 2 se presentan los rendimientos.

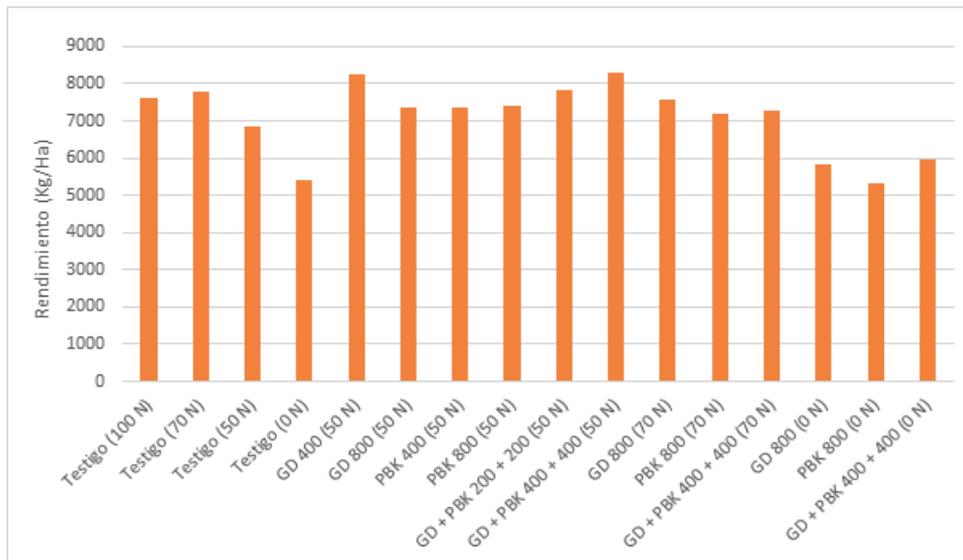
TABLA 4. Medias de Rendimiento, PMG, PH.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento (kg/ha)	PMG (grs)	PH (Kg/hl)
1	Testigo (100 N)	7623 e	294 abcd	68,6 abc
2	Testigo (70 N)	7777 e	292 abcd	68,4 abc
3	Testigo (50 N)	6866 bcde	298 bcd	68,7 abc
4	Testigo (0 N)	5409 ab	277 a	68 abc
5	GD 400 (50 N)	8242 e	294 abcd	66 a
6	GD 800 (50 N)	7358 de	287 abcd	67,3 ab
7	PBK 400 (50 N)	7376 de	297 abcd	70 bc
8	PBK 800 (50 N)	7414 de	294 abcd	68,5 abc
9	GD + PBK 200 + 200 (50 N)	7831 e	301 bcd	67,2 ab
10	GD + PBK 400 + 400 (50 N)	8296 e	304 cd	70,7 c
11	GD 800 (70 N)	7579 e	296 abcd	69,5 bc
12	PBK 800 (70 N)	7183 cde	306 de	68,5 abc
13	GD + PBK 400 + 400 (70 N)	7273 cde	324 e	68,9 abc
14	GD 800 (0 N)	5827 abc	291 abcd	68,8 abc
15	PBK 800 (0 N)	5326 a	282 ab	67,6 abc
16	GD + PBK 400 + 400 (0 N)	5979 abcd	284 abc	67,5 ab

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

DMS Rendimiento= 1514; DMS PMG = 20.1; DMS PH = 3.16

FIGURA 2. Rendimiento de maíz según tratamiento de fertilización biológica.



En la Tabla 5 se presenta las medias de Plantas por hectárea, Espigas por planta, porcentaje de intercepción de la radiación y Granos por espiga de cada tratamiento.

TABLA 5. Medias de Plantas/ha, Espigas/PI, Granos/espiga y porcentaje de intercepción de la radiación.

Tratamiento	Descripción	Plantas/ha	Espigas/PI	Granos/espiga	% Interc. Rad.
1	Testigo (100 N)	72321 a	0,95 ab	569 a	53 ab
2	Testigo (70 N)	71429 a	0,94 ab	563 a	49 ab
3	Testigo (50 N)	74107 a	0,93 ab	532 a	55 b
4	Testigo (0 N)	70536 a	0,91 a	534 a	46 ab
5	GD 400 (50 N)	71429 a	0,94 ab	555 a	40 a
6	GD 800 (50 N)	70536 a	0,93 ab	569 a	48 ab
7	PBK 400 (50 N)	71429 a	0,94 ab	555 a	45 ab
8	PBK 800 (50 N)	69643 a	0,99 b	550 a	47 ab
9	GD + PBK 200 + 200 (50 N)	73214 a	0,95 ab	565 a	42 ab
10	GD + PBK 400 + 400 (50 N)	71429 a	0,96 ab	581 a	49 ab
11	GD 800 (70 N)	73214 a	0,98 b	545 a	48 ab
12	PBK 800 (70 N)	71429 a	0,95 ab	516 a	52 ab
13	GD + PBK 400 + 400 (70 N)	73214 a	0,96 ab	559 a	41 a
14	GD 800 (0 N)	68750 a	0,95 ab	543 a	40 a
15	PBK 800 (0 N)	73214 a	0,92 a	525 a	47 ab
16	GD + PBK 400 + 400 (0 N)	67857 a	0,96 ab	577 a	40 a

Discusión y conclusiones

La media de rendimiento del ensayo fue de 7085 kg/ha, muy adecuada a pesar de la escasa oferta hídrica. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos para el rendimiento, siendo el número 5 el que permitió obtener el valor más alto, seguido por el 10, con escasas diferencias entre ambos. Los tratamientos que presentaron los menores niveles de producción fueron los que no tenían aporte de nitrógeno.

El rendimiento promedio de los tratamientos con bacterias diazotróficas en la dosis del 50 % de la fertilización N (tratamientos 5 al 10) fue de 7753 Kg/ha, mientras que el rendimiento del testigo con el mismo nivel de fertilización fue de 6866 Kg/ha lo que representa un incremento de producción de 887 Kg/ha, siendo los tratamientos 5 y 10 los que se destacaron entre estos con aumentos en el orden de los 1300 Kg/ha. En la dosis del 70 % de la fertilización N, el uso de bacterias no reportó un incremento de la producción; mientras que en ausencia de fertilización N el incremento fue de 303 Kg para los tres tratamientos sin fertilización (tratamientos 14 al 16) con respecto al testigo del mismo nivel, logrando el tratamiento 14 y 16 un aumento de producción cercano a los 600 Kg/ha.

Se encontraron diferencias estadísticas significativas para el PMG y el PH. En el primer caso los mayores valores se lograron con los tratamientos 13 y 12 y el más bajo con el 4.

En cuanto a los componentes del rendimiento, se hallaron diferencias significativas para el número de Espigas/PI pero no para el número de Plantas/ha y Granos/espiga. En el primer caso, los valores más altos se obtuvieron en el tratamiento 8 y 11, y el menor para el 4 y 15. En los restantes tratamiento no se encontraron diferencias significativas. Para el porcentaje de intercepción de la radiación el valor más alto se obtuvo en el tratamiento 3 y los más bajos para 5, 13, 14 y 16.

El stress hídrico y térmico que sufrió el cultivo durante el periodo crítico impuso niveles de rendimiento más bajos para esta campaña. En estas condiciones se observaron respuestas por el uso de bacterias diazotróficas en la dosis de 50 % y 0% de N; mientras que en la de 70 % no. Esto puede deberse a que esos niveles de fertilización fueron suficientes para suplir las necesidades de N de la presente campaña, incluso un aporte extra de N como la dosis del 100 % de N no presentó un aumento de rendimiento con respecto al testigo al 70 %. Estas diferencias podrían verse incrementadas en años con una dotación hídrica más adecuada donde la demanda nutricional del cultivo sea mayor y el aporte de las bacterias diazotróficas sea mayor.

Bibliografía consultada

Hargrove, W. L. 1988. *Soil environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions*. In: Bock, B., and D. Kissel (eds). *Ammonia volatilization from urea fertilizers*. Alabama, National fertilizer Development Center, p. 17.