



**EVALUACIÓN DE LA  
RESPUESTA AL USO  
DE GRAMINOSOIL – L**  
(*Azospirillum brasilense*)  
**Pertenece a LAGE y Cia,**  
**EN MAÍZ (2º Año de evaluación).**  
(2006-07)

Trabajo financiado por:  
**LAGE y Cia.**



Ing. Agr. Sebastián Mazzilli  
Ing. Agr. Esteban Hoffman  
Bach. Pablo Mesa



Investigación y  
Desarrollo



Paysandú. Junio de 2007

Reg. 200607-N

## EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA AL USO DE GRAMINOSOIL – L (*Azospirillum brasilense*), perteneciente a LAGE y Cia, EN MAÍZ (2° Año de evaluación).

Mazzilli, S<sup>1</sup>; Hoffman, E; Mesa. P.

### INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La utilización de fertilizantes biológicos aplicados como tratamientos de semilla es una práctica que está siendo cada vez más estudiada y puesta en práctica por los productores. Diversos trabajos han reportado resultados promisorios cuando la fertilización química fue complementada por la adición de microorganismos que producen una mejora del estado fisiológico del cultivo y facilitan la disponibilidad de nutrientes. El caso más conspicuo es la interacción entre leguminosas y las bacterias del género *Rhizobium* que posibilitan la fijación biológica de nitrógeno (N) (Racca, 2003), la cual tiene larga data (Gibson and Nutman, 1960, Pate, 1973). Las bacterias del género *Azospirillum*, son organismos fijadores de N de vida libre, que habitan la rizósfera del suelo. Okon y Labandera-González (1994) mencionan una estimulación en el crecimiento de raíces, que aumentarían su longitud, densidad y velocidad de crecimiento. También promueve la producción de auxinas, lo cual incrementaría la tasa de crecimiento aéreo y radicular. Esto se vería reflejado en una mayor absorción de agua y nutrientes. Sin embargo es muy abundante la información que apunta a fitohormonas como el AIA como responsable de las respuesta cuando es descartada la vía de más nutrientes absorbidos (Caballero. 2002).

Los efectos sobre las plantas, como resultado de la inoculación con *Azospirillum* se producen en los estadios iniciales de crecimiento en las primeras semanas después de la colonización radicular (Fallik *et al.*, 1994). De una amplia revisión realizada por Okon y Labandera-González (1994) se pueden citar un 60 a 70 % de experiencias con resultados favorables en cuanto al éxito de la inoculación e incrementos de rendimientos que oscilan en un 5 a un 30 % (Bashan, 1999).

La información en la actualidad es muy abundante, pero cada vez es mayor el volumen de trabajos de enfoque tecnológico en donde se estudia la respuesta vegetal en cultivos de interés comercial, analizando las interacciones con otras variables de manejo. Este es el caso de un gran número de experimentos que analizan la interacción en Maíz y Trigo entre la inoculación con *Azospirillum* y la respuesta al agregado de N. Si bien existen muchos reportes en donde las ventajas resultan de la posibilidad del ahorro de fertilizantes (40 a 50%) (Caballero, 2002), es también muy abundante y consistente aquella en la cual se observan efectos aditivos (en forma independiente del agregado de nutrientes) (Díaz Zorita *et al.* 2006).

En muchos casos la magnitud de la respuesta a bajas dosis de N, no es la esperada y la tendencia en muchos reportes es la contraria, evidenciando una amplificación de la respuesta bajo condiciones de incremento de potencial (Díaz Zorita *et al.* 2006). Es por ello que muchas veces no se logran cambios en las concentraciones de nutrientes en tejidos y granos. Más allá de los beneficios asociados a la mejora en el status nutricional

---

<sup>1</sup> Integrantes Equipo Técnico de Unicampo Uruguay

(en este caso N), se evidencia un mayor grado de consenso en cuanto a que el único mecanismo asociado a la mejora, no es la fijación biológica o aporte extra de N. Esto coincide con los resultados encontrados para el primer año de trabajo de Unicampo Uruguay con Lages y Cía. Los autores mencionan como conclusión final en este trabajo: “*al igual que otros trabajos revisados, los resultados obtenidos durante el verano 2005-06, fueron independientes de la respuesta al agregado de N en V6, y si bien el trabajo no permite profundizar en las bases de las diferencia a favor del cultivo inoculado con Azospirillum de alguna manera esta mejora podría estar relacionada al mejor uso del agua durante el ciclo de cultivo*”.(Mazzilli, Hoffman, y Hernández. 2006).

Este trabajo no intenta revisar ni profundizar en las bases biológicas y/o fisiológicas de la asociación entre *Azospirillum* y la planta, sin embargo se espera poder ahondar en las relaciones fisiológicas asociadas con la respuesta vegetal a la inoculación.

## OBJETIVOS DEL TRABAJO

Al igual que la zafra pasada los objetivos del trabajo son evaluar la respuesta de *Azospirillum* en Maíz en términos de:

- Producción de biomasa radicular y aérea.
- Eficiencia de utilización de nitrógeno aplicado y/o nitrógeno adicional.
- Rendimiento en grano y bases de respuesta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1- Instalación de ensayos

El ensayo fue instalado en el campo experimental de Unicampo Uruguay SRL en Paysandú - Uruguay. El lugar donde se instala el ensayo tiene una larga historia agrícola, baja fertilidad natural, bajo contenido de materia orgánica, lo cual desde el inicio lo hace atractivo ya que era esperable poco aporte de nitrógeno del suelo lo que permitiría poder explorar mejor la interacción, respuesta a N y *Azospirillum*.

A continuación se presentan un resumen de las características del sitio experimental y manejo del cultivo

**Cuadro 1.** Características del sitio experimental y manejo del cultivo.

Formación	Cretácico
Textura	Franco-arcilloso
Sistema de Laboreo	Siembra Directa
Antecesor	Girasol/BQ invierno
Variedad	DK 682 MG
Fecha Siembra	11-10-2006
Herbicida PRE (l/ha)	2 Atrazina + 2 Acetoclor
P inicial (ppm)	3
N-NO <sub>3</sub> inicial (ppm)	6
K inicial (meq/100g)	0.25
Fert Base (kg/ha)	200 Kg 0-21-23-0 -13 + 150 kg (18 46) + 80 Kg KCl

## 2- Diseño experimental

El diseño utilizado es de parcelas divididas al azar con tres repeticiones. Se sembraron 6 parcelas mayores al azar (3 con *Azospirillum* y 3 sin *Azospirillum*) y dentro de cada una las parcelas mayores se instalaron los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada a V<sub>6-7</sub> (0, 30 y 60 kg de N.ha<sup>-1</sup>, en base a urea).

## 3- Tratamientos

- Las parcelas mayores fueron sembradas con la fertilización nitrogenada y fosfatada que surge del análisis de suelo. Se usó 0-21-23-0-13 y KCl de forma de corregir cualquier problema potencial de azufre y potasio.
- Las semillas de las parcelas con *Azospirillum* (AZO) fueron inoculadas con 2.7 lt. cada 100 Kg. de semilla
- El cultivo se mantuvo libre de plagas y enfermedades sin necesidad de intervención.

## 4- Determinaciones

### *Siembra*

- N-NO<sub>3</sub> en suelo (0-20 cm).
- P en suelo Bray I (0-20 cm).
- K en suelo meq. K/100 g

### *Estadio V6 – V7*

- N-NO<sub>3</sub> en suelo (0-20 cm).
- Materia seca en parte aérea.
- Materia seca de raíces.
- N° de plantas.ha<sup>-1</sup>.

### *Floración*

- Materia seca en parte aérea.
- N en parte aérea.

### *Cosecha*

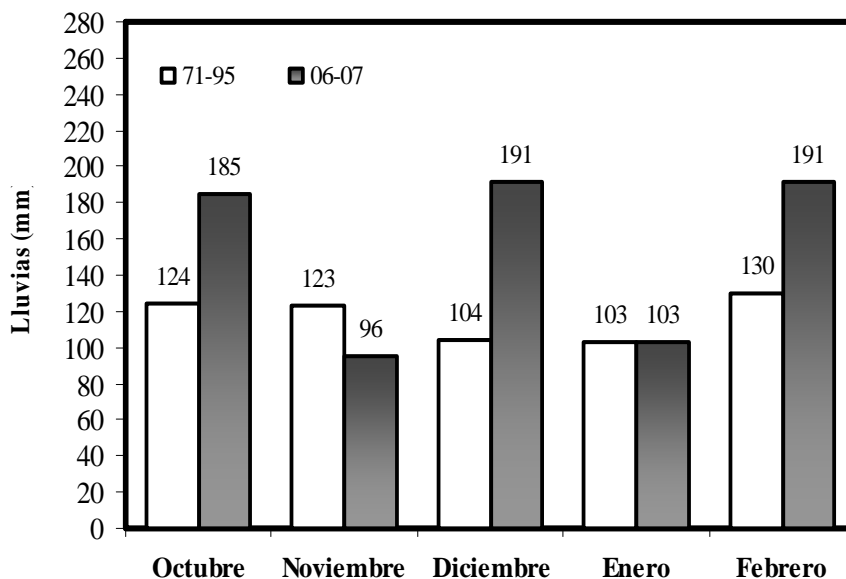
- Materia seca en parte aérea.
- N en parte aérea (paja y grano).
- Rendimiento en grano y componentes del rendimiento.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 5- Caracterización climática del año.

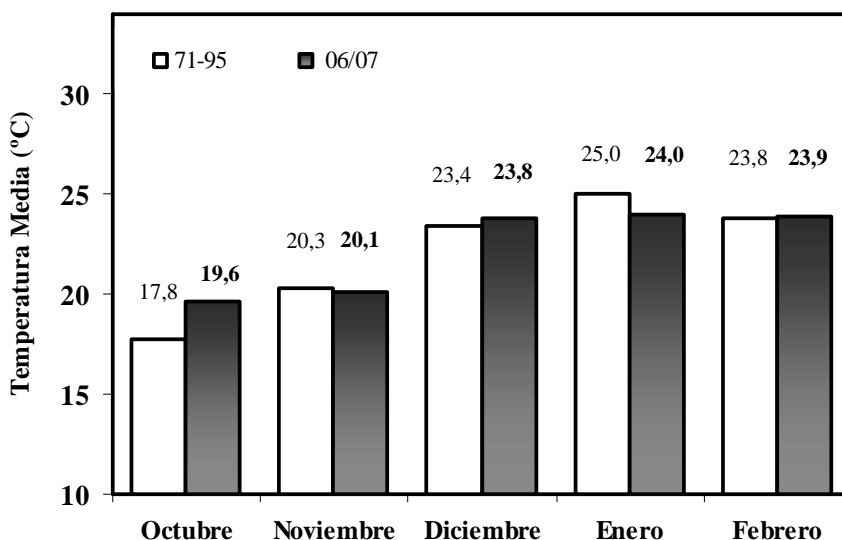
A continuación se presentan las características climáticas que definieron el ambiente al que fue sometido el cultivo en el verano 2006-07.

En la siguiente figura es posible observar que las precipitaciones registradas durante la mayor parte del periodo (766 mm), resultaron ser un 32% superior a la media histórica regional.



**Figura 1.** Precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo en comparación con la serie histórica para la localidad (1971-1995) (fecha de siembra 10 de Octubre), para el año 2006-07.

En lo referente a la temperatura, no existieron sesgos importantes en los valores de los meses siguientes a la siembra en comparación a la media histórica regional.



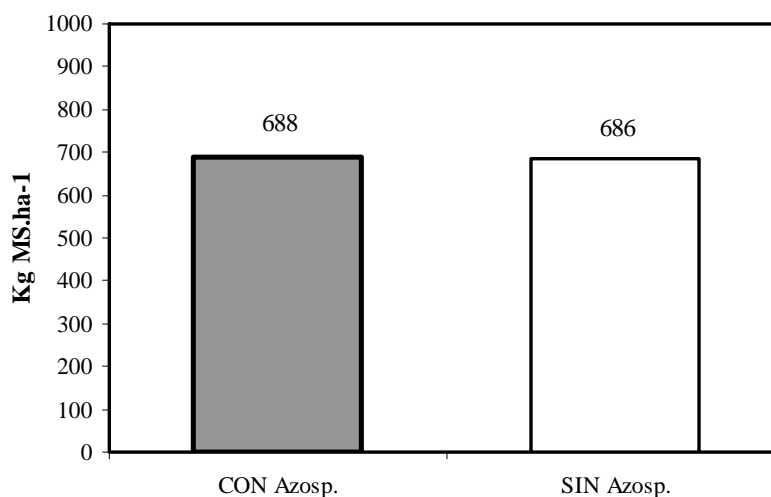
**Figura 2.** Temperatura media durante el ciclo del cultivo en comparación con la serie histórica para la localidad (1971-1995).

En resumen se puede remarcar las excelentes condiciones hídricas del año, sin extremos de temperatura, en marcado contraste con las condiciones ambientales del año anterior, en el cual se llevó a cabo el primer año de trabajo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción de biomasa.

Tal como fue comentado anteriormente, una de las ventajas reportada en relación a la inoculación con *Azospirillum* es el aumento en la biomasa de raíces y el aporte de N al cultivo. A continuación se presenta lo observado en lo referente a acumulación de materia seca de raíces y parte aérea al estadio V<sub>7</sub> (59 días pos-siembra).

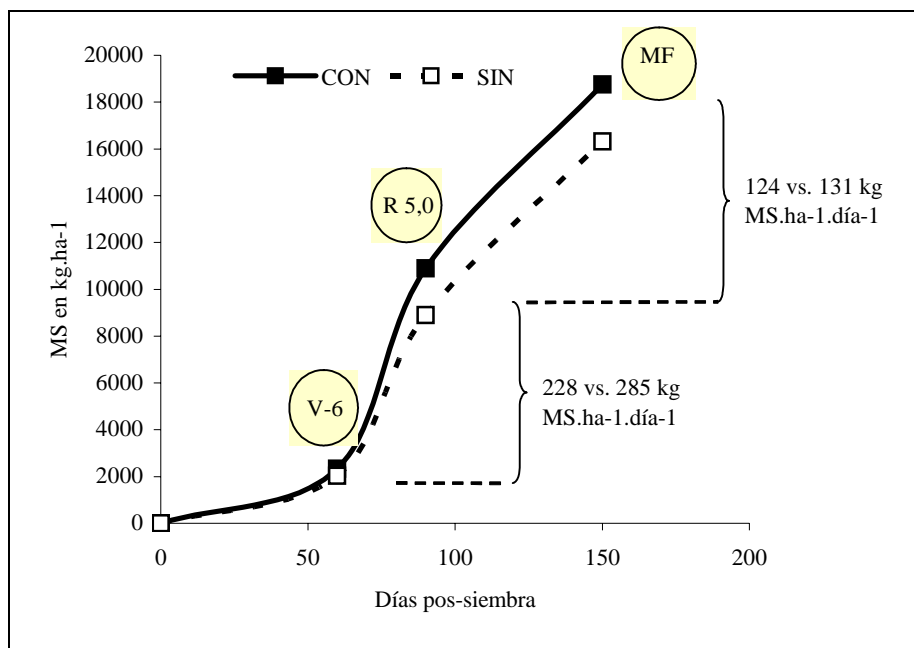


	CON <i>Azospirillum</i>	SIN <i>Azospirillum</i>
Biomasa PA V <sub>6</sub> (Kg MS/ha)	2331	2041
Biomasa Raíces V <sub>6</sub> (kg MS/ha)	688	686
Biomasa Total V <sub>6</sub> (Kg MS/ha)	3019	2727
Relación PA/raíz	3.39	2.97
N-NO <sub>3</sub> en suelo V <sub>6</sub> (ppm)	3.9	4.1

**Figura 3.** Materia seca acumulada en raíces y parte aérea al estadio de V<sub>7</sub>.

Si bien las diferencias observadas no son de gran magnitud, marcan una tendencia leve en PA y no en raíces, igual que en el 2005. Las condiciones de humedad y muy adecuada temperatura de suelo y por tanto elevado crecimiento entre siembra y V<sub>6</sub> hacen que estas diferencias se hayan hecho evidentes como consecuencia de las tasas de crecimiento diferenciales entre siembra y el estadio de V<sub>6-7</sub> (39.5 vs. 34.6 Kg MS.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, para con y sin *Azospirillum*, respectivamente). Partiendo de un bajo contenido de N en suelo (a pesar de las excelentes condiciones de preparación del barbecho) y del agregado de casi 30 UN a siembra, el suelo llegó con importantes niveles de deficiencia a V<sub>6</sub> (esto encuadraría con las características del suelo anteriormente detalladas). Esto posiblemente haya limitado las posibilidades de expresión de crecimiento, aunque las diferencias a favor del agregado de *Azospirillum* se dan todas en el mismo sentido. Bajo esta situación, se debería esperar una elevada respuesta al agregado de N en V<sub>6</sub>, y se generaría un ambiente interesante para analizar la contribución del AZO.

En la figura siguiente se presenta la evolución de la producción de materia seca promedio para todo el ciclo de cultivo, para los tratamientos con y sin *Azospirillum*.



**Figura 4.** Evolución de la producción de materia seca promedio para todas las dosis de N, para los tratamientos con y sin azospirillum.

Se observa un aumento en la materia seca aérea acumulada para los tratamientos inoculados en relación a los sin inocular, a partir de inicio del estadio V<sub>6</sub>. A madurez fisiológica, el cultivo alcanzó niveles medios de MS muy elevados (17.5 ton.ha<sup>-1</sup>, con diferencias relevante entre tratamientos (18756 y 16326 kg MS.ha<sup>-1</sup> para los tratamientos con y sin azospirillum respectivamente). El cultivo con AZO, a MF, produjo un 15% más de biomasa promedio. Esto coincide con la información obtenida para el verano anterior (muy seco), en donde la diferencia fue de 13%, pero se comenzó a gestar a partir de R 5.5.

Cuando descomponemos la respuesta según la inoculación con azospirillum y agregado de nitrógeno a V<sub>6</sub>, puede observarse que existe un comportamiento diferencial por parte del cultivo a floración, a diferencia de lo observado en el año anterior.

**Cuadro 2:** Materia seca (Kg.ha<sup>-1</sup>) acumulada a inicio de floración (R5.0).

Tratamiento	UN agregada (Kg.ha <sup>-1</sup> )		
	0	30	60
	-----Kg MS.ha <sup>-1</sup> -----		
Con Azospirillum *	9503 bc	11575 a	11593 a
Sin Azospirillum *	8503 cd	8176 d	10001 b
Media	9003	9876	10797
CV (%)		6.22	
LSD (5)		1120	

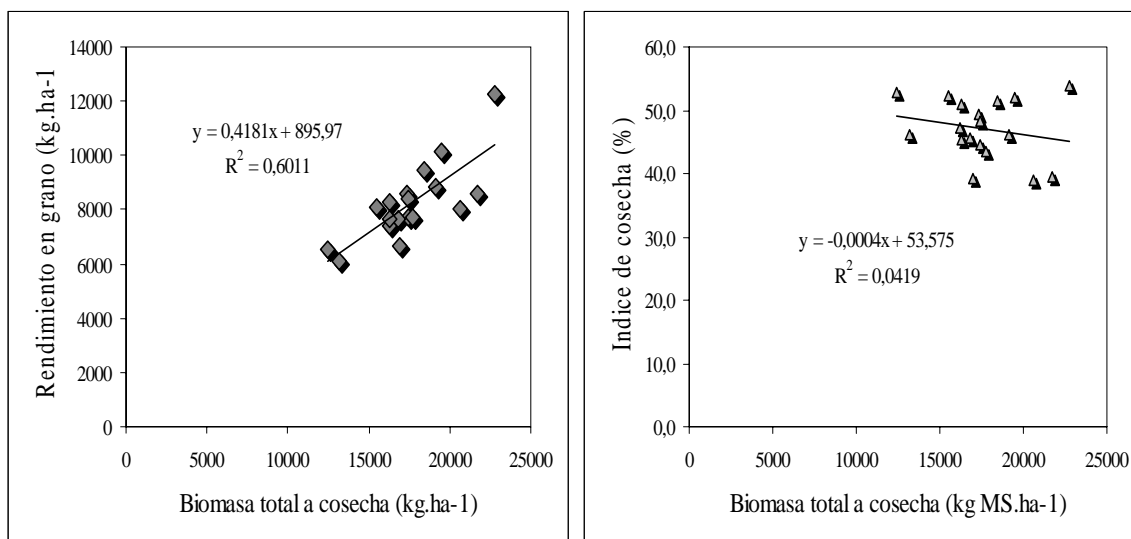
\* Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si.

Mientras que para el cultivo inoculado siempre se observa un mayor nivel de acumulación de biomasa respecto al sin inocular, se puede apreciar que la respuesta es mayor a dosis mayores de N. Parece típicamente un efecto aditivo, relativamente

independiente del N. A este nivel parecerían ir confirmándose los resultados anteriores en cuanto a respuesta al AZO en forma independiente de la dinámica del N.

### Rendimiento y componentes.

En promedio, para este año (suelo más pobre y sin limitantes hídricas), el uso de AZO, significó 1200 kg.ha<sup>-1</sup> de grano en promedio, lo cual significó una mejora de 15% en el potencial concretado. En una condición de bajo potencial por falta de agua (año anterior), la mejora de potencial fue igualmente muy similar (17%).



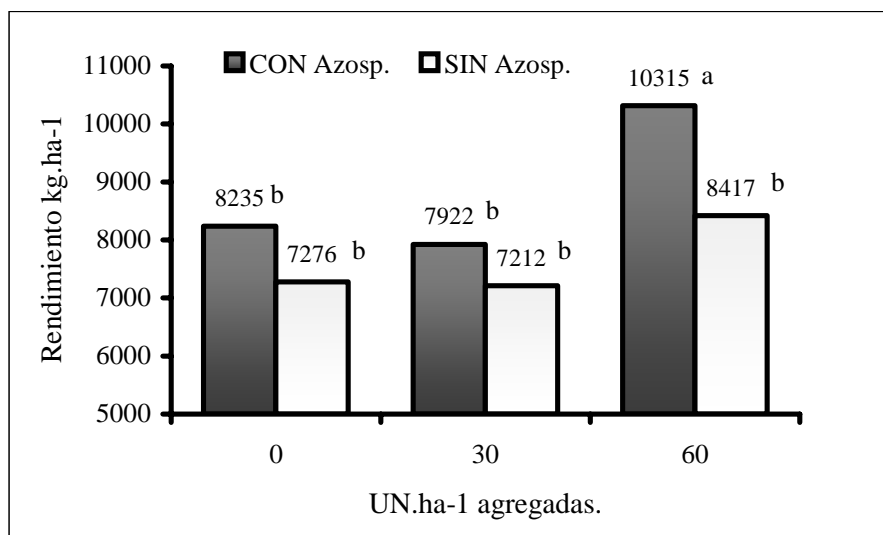
	CON Azosp.	SIN Azosp.
Rendimiento (Kg grano.ha <sup>-1</sup> )	8824 a	7635 b
Paja cosecha (kg MS.ha <sup>-1</sup> )	9932 a	8691 b
Biomasa Total (kg MS.ha <sup>-1</sup> )	18756 a	16326 a
IC (%)	47.0 a	46.7 a

**Figura 5.-** Relación entre biomasa total a cosecha – rendimiento en grano y efecto Azospirillum, sobre paja, grano y biomasa total a cosecha e índice de partición (LSD<sub>5</sub>).

De igual forma que para el año pasado, el efecto promedio sobre el rendimiento fue el resultado de un incremento en la producción de biomasa total, repartida casi en partes igual en grano y paja adicional.

Analizando el grafico siguiente es posible apreciar que si bien existe un efecto independiente de la inoculación en el rendimiento en grano, dicho efecto se expresa en mayor magnitud cuando la inoculación se encontró acompañada de dosis adecuadas de fertilización nitrogenada.





Tratamiento	UN agregada (Kg.ha <sup>-1</sup> )			
	0	30	60	Promedio
	-----Kg. MS total.ha <sup>-1</sup> -----			
Con Azospirillum (ns)	18958	17456	19854	18756
Sin Azospirillum (ns)	17081	14977	16919	16326
<b>Promedio</b>	18020	16217	18387	17541
	(CV = 17% LSD = 4905 Kg)			

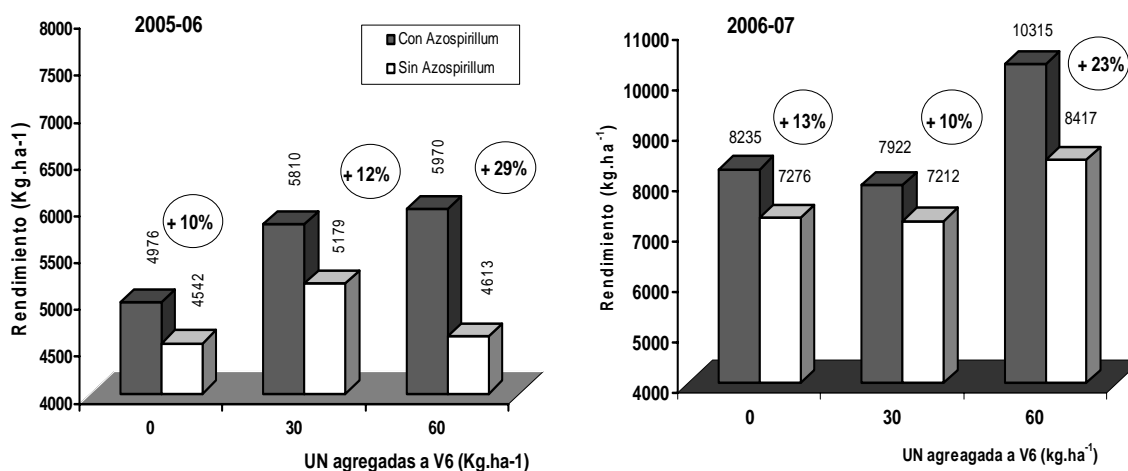
**Figura 6-** Respuesta en rendimiento en grano y biomasa total a cosecha, al agregado de N en V6, para los tratamientos inoculado y no inoculado con azospirillum (valores con distinta letra difieren al 5%. LSD – CV = 13.9%).

**Cuadro 3.** Índice de cosecha en función del N agregado en V6, para el cultivo con y sin azospirillum.

Tratamiento (IC)	0	30	60	Promedio
	-----IC -----			
Con Azospirillum	44 b	0.45 ab	0.52 a	0.47
Sin Azospirillum	43 b	0.48 ab	0.50 ab	0.467
<b>Promedio</b> (CV= 0.0021%, LSD 0.077)	0.43	0.47	0.51	0.47

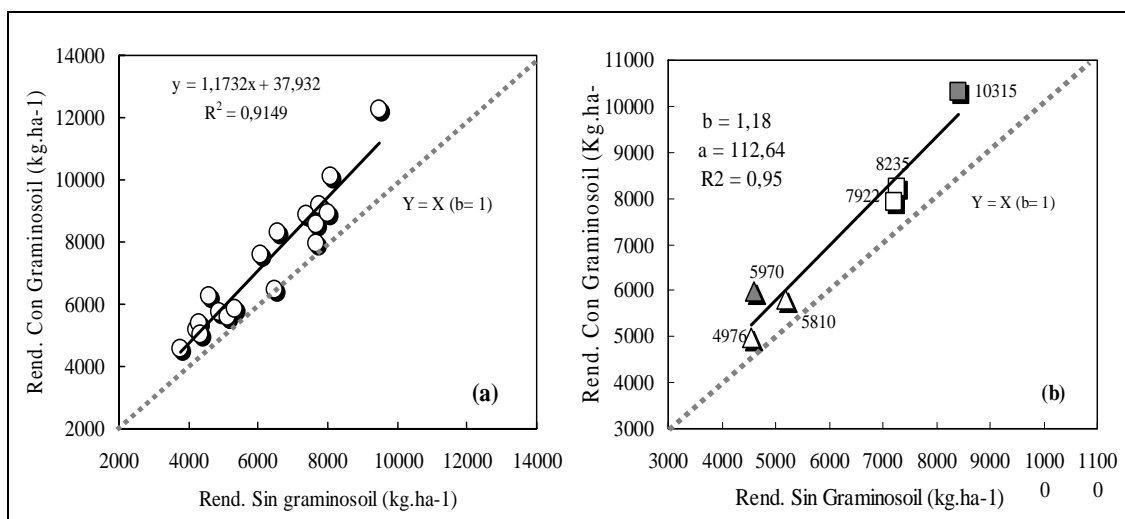
Para un suelo con muy bajo N a V<sub>6</sub>, parece esperable, que la respuesta se de a elevadas dosis de N, y con solo 30 UN, no se logran cambios significativos de rendimiento. La respuesta al N, fue a la máxima a la mayor dosis de N usada y para este ambiente significó en promedio un aumento de 1600 kg. de grano.ha<sup>-1</sup> (27 de grano.Kg N<sup>-1</sup>). A la máxima dosis de N en V<sub>6</sub>, la respuesta a la inoculación también resultó ser máxima (+ 23%), incrementando el rendimiento en casi 2000 kg.ha<sup>-1</sup>. En base la información presentada en el cuadro 3, el mayor rendimiento fue el resultado de incremento en la biomasa total combinada por un mayor índice de partición, aunque en ambos casos en forma independiente las diferencias no llegaron a ser significativas.

En este año, también la respuesta al **Graminsoil-L**, tendió a ser independiente del N del suelo y del agregado, en todo caso la tendencia a la interacción en ambos años opera a la inversa del ambiente, con mayor deficiencia de este nutriente, menos respuesta a la inoculación (figura 7).



**Figura 7.-** Respuesta en rendimiento en grano al agregado de N en V6, para los tratamientos inoculado y no inoculado con azospirillum en un verano seco (2005-06) y en un verano con muy buena disponibilidad hídrica (2006-07).

Coincidiendo con mucha de la información últimamente generada en Argentina, la respuesta al AZO, parece sistemáticamente de tipo aditivo y poco relacionada a la dinámica de N suelo-planta. En la siguiente figura se presenta la respuesta a la inoculación con AZO en relación a todas las parcelas sin AZO (izquierda) y en promedio por tratamiento de agregado de N (derecha), para los dos años.



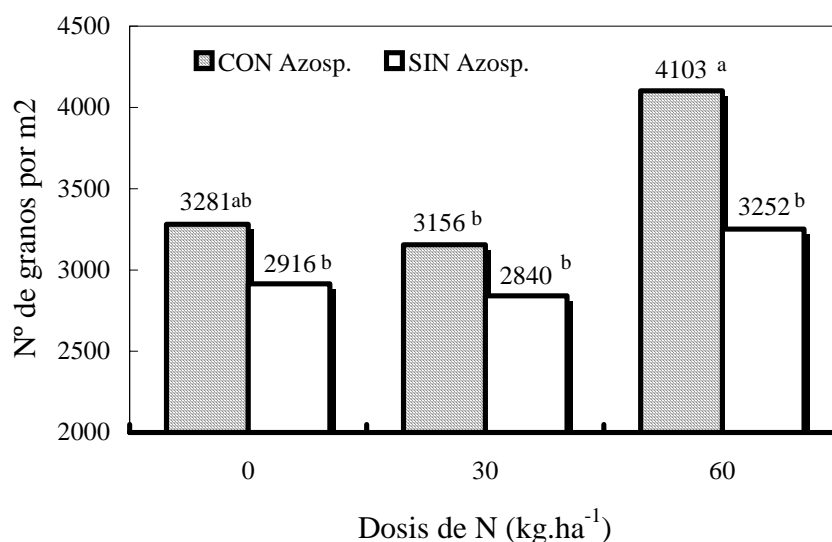
**Figura 8.-** Rendimiento del Maíz inoculado con Graminsoil, en relación al Maíz sin inoculado para toda la base de datos (a) y para los promedios por año y tratamiento (b). Año seco (triángulos), y año húmedo (cuadrados), bajo distintas condiciones de N agregado a V6. (símbolos llenos, 60 kg. de N).

Además de que en promedio para ambos años el AZO, elevó en rendimiento en grano en 1000 kg.ha<sup>-1</sup>, en base a la información de la figura 8, esta respuesta parecería estar directamente asociada con el incremento de potencial. Por cada 1000 Kg. de aumento de rendimiento, la ventaja del Graminsoil se incrementa en un 17 a 18 %.

Para el año 2006-07, la importante variación de rendimiento estuvo directamente asociada a la importante variación en la producción de biomasa total e índice de

cosecha. En este caso las diferencias en biomasa total a la máxima dosis de N en V<sub>6</sub>, alcanzan casi los 3000 kg.ha<sup>-1</sup> (figura 6). En definitiva, la biomasa total y no solo el grano, es un componente que no solo interesa como variable asociada al rendimiento en grano, sino como un producto en si mismo, el cual pasa a cobrar relevancia para sistema que utilizan reservas de planta entera.

En la figura siguiente se presenta el efecto de los tratamientos evaluados sobre los granos por unidad de superficie y sus componentes.

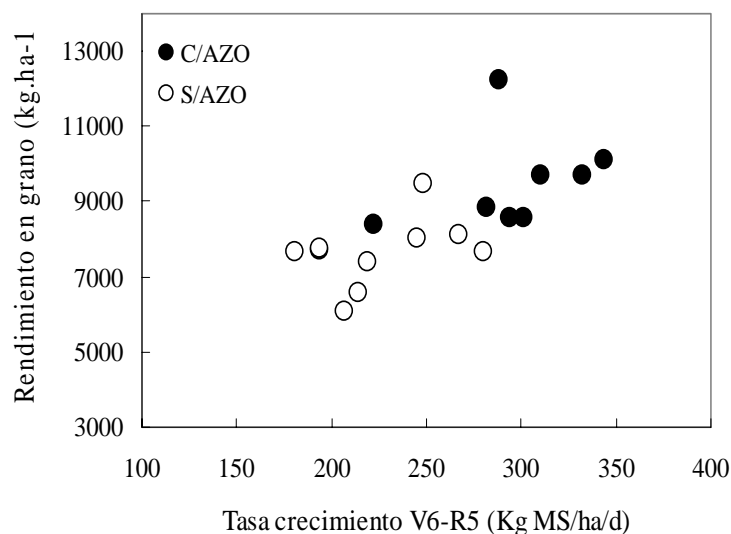


		UN agregada (Kg.ha <sup>-1</sup> )			Promedio	Cv (%)
Tratamiento		0	30	60		
<b>CON Azosp.</b>	Espigas/m2 (ns)	8.81	8.01	8.97	8.60	5
	Granos/espiga	372 ab	394 ab	<b>457 a</b>	408	17.14
	Granos/m2	3281ab	3156b	4103 a	3513	14.40
	PG (mg) (ns)	251.0	251.0	251.4	251.2	4.58
<b>SIN Azosp.</b>	Espigas/m2 (ns)	8.33	8.33	8.49	8.38	5
	Granos/espiga	350 ab	341 b	383 b	358	17.14
	Granos/m2	2916 b	2840 b	3252b	3003	14.40
	PG (mg) (ns)	249.5	253.9	258.8	254.1	4.58

**Figura 9.-** Componentes del rendimiento en función de los tratamientos evaluados. (Nota. Relación entre rendimiento y plantas  $R^2 = 0.09$ ) (contrastes de medias LSD<sub>5</sub>, entre y dentro de filas).

El número de granos por unidad de superficie resultó ser el componente que explicó la variación de rendimiento observada ( $R^2 = 0.95$ ), siendo un 15% mayor para el cultivo inoculado con AZO. El mayor potencial de granos a llenar, finalmente como puede observarse en el cuadro anterior, resulta de espigas más grandes, 14% más granos para el cultivo inoculado. El peso de grano por otra parte no resultó afectado, aunque en el cultivo inoculado se mantiene el peso a pesar de ser mayor el N<sup>ro</sup> de granos a llenar. Considerando que la variación de rendimiento en grano estuvo explicada casi en su totalidad por el aumento en el número de granos por unidad de superficie, la respuesta vegetal a los tratamientos estaría por tanto asociada a la diferencia de crecimiento observada durante el período crítico de crecimiento (V<sub>6</sub> a R 5.0) (figura 4).

En la figura siguiente se presenta la relación entre la tasa de crecimiento durante el período crítico de construcción del potencial y el rendimiento final.



**Figura 10.-** Relación entre la tasa de crecimiento durante el período crítico ( $V_6-R_{5.0}$ ) de construcción del potencial y el rendimiento final.

Esta información es coincidente con toda la reportada para este cultivo en cuanto a la relación entre la tasa de crecimiento durante este período y el rendimiento. En este caso, claramente, las mayores tasas de crecimiento se registraron en el cultivo inoculado con AZO, siendo responsable de mayor  $N^{ro}$  de grano por espiga ( $R^2=0.57$ ).

Las ventajas de la inoculación no parecen estar dadas por el lado del N, sino en los efectos adicionales, entre los cuales podría estar asociada a una mayor eficiencia en el uso del agua u otros efectos asociados a respuesta vegetal y fitohormonas que no fue evaluado a este nivel.

Como fue observado en el año anterior la inoculación con AZO evitó caídas de potencial frente a un ambiente con severa deficiencia hídrica, para este año sin limitantes hídrica (coincidencia de período crítico, con el mes de mayor precipitación), este año permitió una mayor tasa de crecimiento prefloración. Vale la pena mencionar que para ninguno de los dos años, y a pesar de las diferencias entre ambientes, no existió relación entre el crecimiento a  $V_6$  y rendimiento final (esto podría verse como, “el cultivo que se ve mejor a  $V_6$ , no tiene porque ser el mejor al final, aún cuando no falta el agua”). Tampoco se obtuvo relación alguna entre rendimiento y cantidad de raíces. Esto abre todo un campo para entender las bases de la respuesta vegetal al azospirillum, que parece no ser relaciones de tipo cuantitativas sencillas.

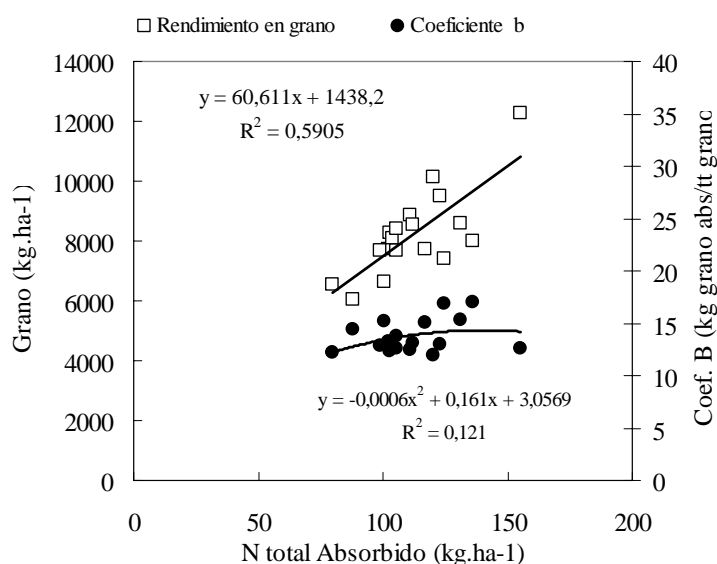
Para ambos años la consistencia de la información es muy importante, a pesar de las condiciones de estrés hídrico diferenciales. Sin embargo considerando la respuesta vegetal observada a la inoculación con AZO, no solo debería considerarse como una opción de mejora del potencial, sino como una opción de estabilidad.

#### Absorción de nitrógeno y N en grano.

Como finalmente más crecimiento sería el resultado de mayor eficiencia en el uso del agua (para un mismo ambiente), o de mejor estatus nutricional, y otros cambios fisiológicos para el cual no fue diseñado este trabajo (área que debería ser profundizada), a continuación se presentan los resultados obtenidos en cuanto a absorción y uso de del N.

**Cuadro 4.-** Dinámica de absorción de nitrógeno para el cultivo de Maíz.

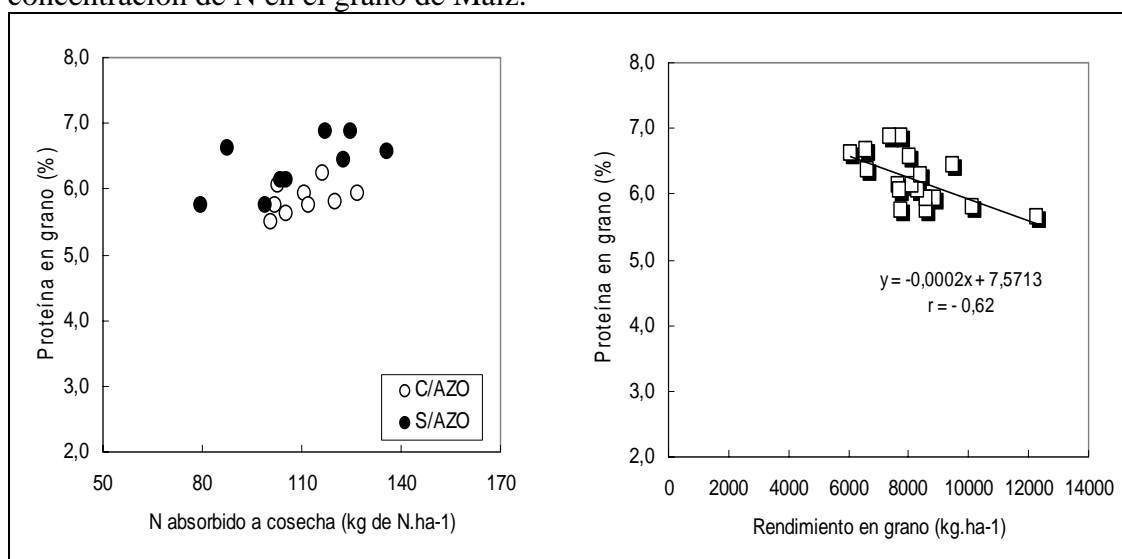
		N Agregado en V6 (Kg.ha <sup>-1</sup> )			
		0	30	60	Media
<b>CON Azosp.</b>	N inicial en suelo + Fert Basal (kg.ha <sup>-1</sup> )	42	42	42	42
	N total absorbido a Cosecha (kg.ha <sup>-1</sup> ) (ns CV 17.91%)	113	105	130	116
	N en Grano a Cosecha (kg.ha <sup>-1</sup> )	76 b	74 b	99 a	83
<b>SIN Azosp.</b>	N inicial en suelo + Fert Basal (kg.ha <sup>-1</sup> )	42	42	42	142
	N total absorbido a Cosecha (kg.ha <sup>-1</sup> ) (ns CV 17.91%)	114	101	110	109
	N en Grano a Cosecha (kg.ha <sup>-1</sup> ) (CV 18.44)	78 b	71 b	84 ab	78



**Figura 11.** Relación entre absorción de N a cosecha y rendimiento para los distintos tratamientos evaluados y coeficiente b (N absorbido por cada tonelada de grano producida)

Podemos observar para este año, de igual forma que lo observado para el año anterior, el rendimiento fue el resultado de una mayor cosecha de N y una elevada eficiencia de uso de este N absorbido (más de 60 kg de grano/UN abs.), más del doble de la obtenida para el año 2005-06. Posiblemente como resultado de la baja fertilidad de la chacra y el año lluvioso las cantidades de N cosechadas fueron sensiblemente inferiores. Mayor rendimiento y menos N absorbido para el 2006-07, explica la mayor eficiencia y arroja un coeficiente b de casi la mitad del observado en el ambiente experimental del 2005-06. Como la eficiencia de uso del N absorbido, no cambia con los tratamientos en forma significativa y la cantidades totales absorbidas en los testigos es baja e igual entre parcelas con y sin azospirillum para ambos años, podemos comenzar a pensar que el efecto del AZO, no viene por el lado del N. En las parcelas con 60 UN es mayor el N absorbido con AZO, sencillamente porque el cultivo creció más, por otra causa, en particular en este trabajo asociado a los efectos del AZO.

En la siguiente figura se presenta el efecto del azospirillum sobre la concentración de N en el grano de Maíz.



**Figura 12.** Proteína en grano en función del total de N absorbido a cosecha y en función del rendimiento en grano.

Podemos ver que los niveles de N en grano para el cultivo inoculado con AZO, son bajos y menores que para el maíz sin inocular. Esto parece razonable para un cultivo con baja cantidad total de N absorbido (por debajo de los 150 kg de N.ha<sup>-1</sup>, y factiblemente aún sin cubrir todas las necesidades de N aún a la dosis máxima de N agregada en V6), y para el cual el mayor rendimiento en las parcelas con AZO, llevan a que el N en grano sea diluido.

### Comentario final

Si nos remitimos a los antecedentes, más los resultados observados en ambos años, podemos sumar a los comentarios anteriormente realizados (el efecto del azospirillum no sería el resultado solo de un cambio en la dinámica del N), y considerando que sistemáticamente se ha observado una respuesta al AZO de tipo aditiva y relativamente independiente del agregado de N y también del N aportado por el suelo, tendríamos mayores elementos para pensar que los resultados derivan de otro tipo de efecto (raíces, cambios a nivel hormonal, mayor eficiencia en el uso de agua, etc.).

Como fuese dicho anteriormente, la inoculación con **Graminosoil-L**, además de los beneficios primarios por mejora del potencial en buenos ambientes, podría ser un factor clave de estabilidad en aquellos, en donde el potencial finalmente se vea imposibilitado de ser concretado, como ocurrió con el déficit hídrico en el verano seco del 2005-06.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Bashan, Y. 1999.** Interactions of *Azospirillum* spp in soils: a review. *Biol Fertil Soils*. 29:246-256.
2. **Bhattacharya , P y Chaudurhi. S.P. 1993.** Biofertilizer: Opening a new horizon. *Yohana* 37 (9). Pp. 12-31
3. **Bennet. WF y Tucker, B. 1986.** Producción moderna de Sorgo Granífero. Buenos Aires Hemisferio Sur. 128 p.ç
4. **Borghi. E y Wornicov, CG. 1998.** Evaluación de la capacidad predictiva de distintos indicadores de suelo y planta para el ajuste de la refertilización nitrogenada en el cultivo de Maíz. Tesis Facultad de Agronomía. UDELAR. Uruguay.
5. **Caballero-Mellado, J.2002.** El género *Azospirillum*.. In: *Microbios en Línea*. Cap. 14. Ed: Dra Martínez Romero, E; Martínez Romero, J
6. **Díaz Zorita, M; Baliña, RM; Fernández-Canigia, MV; Peticari, A. 2006.** Rendimiento de cultivos de trigo en la región pampeana inoculados con *Azospirillum brasilense*. CONICET-FAUBA, INTA Cautelar. Argentina
7. **Fallik, E; Sarig, S; Okon, Y. 1988.** Morphology and physiology of plant root associated with *Azospirillum*. In: *Azospirillum-Plant Associations* (Y. Okon, Ed), pp 77-86. CRC Press, Boca Raton, Fla.
8. **Gibson. A. and P. Nutman. 1960.** *Ann. Bot. London*, 24: 420-433.
9. **Mazzilli, S.; Hoffman, E.; Hernández, J. 2006.** Evaluación de la respuesta al uso de Graminosoil-L (*Azospirillum brasilense*), perteneciente a Lage y Cia, en Maíz. Convenio de trabajo LAGE y Cia- Unicampo Uruguay. Reg. 060306N.
10. **Okon y C. Labandera-Gonzalez. 1994.** Agronomic applications of *Azospirillum*: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biol. Biochem.* Vol 26 (12):1591-1601.
11. **Pate, J.S. 1973.** *Soil Biol. and Bioch.* 5: 109-119.
12. **Racca, R. 2003.** Fijación biológica de nitrógeno. En: II Simposio de Fertilidad y Fertilización en Siembra Directa. XI Congreso Nacional de AAPRESID. Tomo 2. Pp 197-208.
13. **Steinbach, HS; Alvarez, R; Roveri, A; Salas, J; Montané, O; Griguera, S. 2005.** Ajuste en la estimación de los requerimientos de nitrógeno del cultivo de Maíz en la pampa ondulada. In. VIII Congreso Nacional de Maíz. Rosario Argentina

## Agradecimientos.

Este trabajo fue posible gracias a la colaboración de la empresa Mazzilli Modernell Hnos en la realización de las operaciones de campo con maquinaria, así como a Julio Mosqueria que fue el encargado de las operaciones experimentales, así como del mantenimiento del ensayo en condiciones de prolijidad.