

# Evaluación de la respuesta al uso de **GRAMINOSOIL-L** (*Azospirillum brasilense*) en cultivos de invierno. Zafra 2008

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

## Autores

Ing. Agr. Sebastián Mazzilli  
Ing. Agr. Esteban Hoffman  
Ing. Agr. Noel González



Investigación  
y Desarrollo



# **Evaluación de la respuesta al uso GRAMINOSOIL-L (*Azospirillum brasilense*) en cultivos de invierno. Zafra 2008.**

## **1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES**

La utilización de inoculantes biológicos incorporados como tratamiento de semilla es una práctica que ha demostrado un creciente interés, a punto tal que microorganismos como *Pseudomonas*, *Azospirillum* y otros son incluidos en ensayos de investigación, parcelas demostrativas y utilizados comercialmente por un creciente número de productores. Efectos como una más rápida implantación, mayor crecimiento radicular, tolerancia mejorada a patógenos y déficit hídrico y solubilización de nutrientes son habitualmente reportados, además de incrementos de rendimiento que suelen ubicarse entre el 5 y 10 % sobre los testigos no inoculados. El trabajo realizado en trigo por García y Díaz Zorita (2006), evidencia ventajas de rendimiento superiores al 10 % en la medida que se incrementa en potencial.

En el marco del convenio de trabajo, entre Unicampo Uruguay SRL y LAGE & Cia, se ha generado información abundante en cultivos de verano (Maíz y Sorgo), en donde la variación de rendimiento por la inoculación con esta bacteria se encuentra entre 0 y 20% de mejora de los rendimientos, ubicándose las mayores ventajas en cultivos sometidos a situaciones de estrés hídrico.

Poca información ha sido generada para gramíneas de invierno, y por tanto desde el invierno del 2007 se viene trabajando con el objetivo de conocer las condiciones y magnitud de la respuesta en cultivos de invierno. Las características de la zafra 2007 con predominancia de exceso de agua durante la concreción del potencial, determino, que en general los rendimientos se deprimieran y por tanto no fuera posible encontrar respuesta a la inoculación con *Azospirillum*.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2-1. Instalación de los Ensayos**

El trabajo fue llevado a cabo en 3 sitios independientes, uno ubicado en el campo experimental de Unicampo Uruguay SRL (trigo), y los otros dos en chacras comerciales de producción (trigo y cebada). En el cuadro siguiente se presentan las características de cada uno de los sitios experimentales.

**Cuadro 1.** Características de los sitios experimentales

SITIOS	1	2	3
Productor	Campo Experimental	El Tejar	Maryles
Formación	Salto	Fray Bentos	Young
Textura	Franco-arenoso	Franco-Arcilloso	Franco-Arenoso
Sistema de Laboreo	Siembra Directa	Siembra Directa	Siembra Directa
Antecesor	Girasol	Soja	Soja
Cultivo	Trigo	Trigo	Cebada
Variedad	Klein Chaja	Klein Chaja	Carumbé
Fecha Siembra	18/07/08	18/06/08	14/07/08
N-NO3-Siembra	11	10	5
P Siembra	9	13	15
Fertilización Siembra	70 Kg 18-46-0	60 Kg 10-50-0	60 Kg 18-46-0

## 2.2. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue de parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas mayores evalúan los efectos generados por la inoculación (con y sin *Azospirillum*), mientras que las parcelas menores corresponden a diferentes estrategias de fertilización nitrogenada. La semilla se inocula con Graminsoil-L a 1 lt, cada 100 Kg. de semilla.

A continuación se listan los tratamientos de manejo de nitrógeno:

- 1) Sin agregado de nitrógeno post-emergencia.
- 2) Agregado de nitrógeno según modelo facultad de agronomía (Perdomo et al., 1999 y Hoffman *et al.* 2001)
- 3) Nitrógeno según modelo facultad de agronomía (Perdomo *et al.*, 1999, Hoffman *et al.* 2001) pero agregando un 50% mas de la dosis recomendada en Z 30.

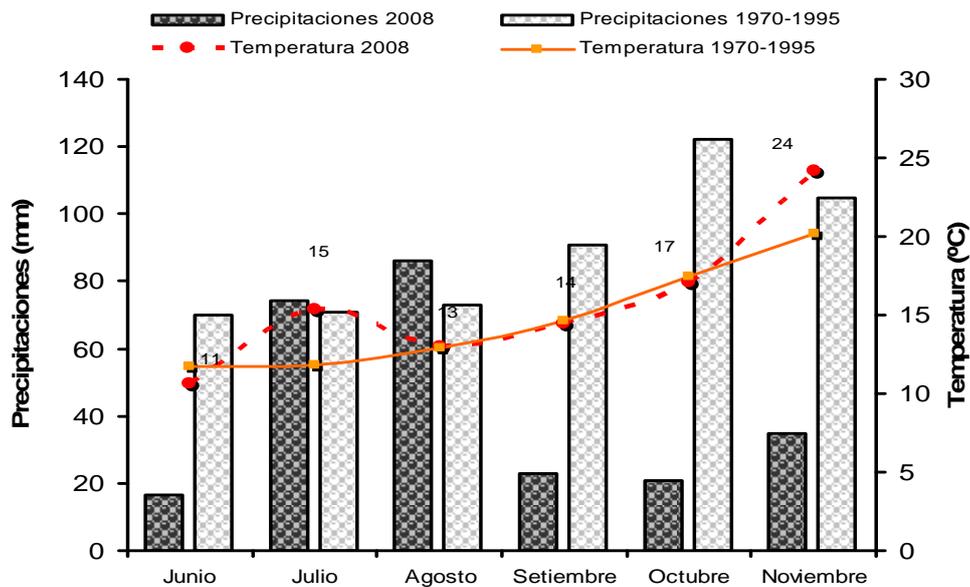
## 2.3. Determinaciones.

- Población y macollos a Z30.
- Biomasa acumulada (Z 30, floración y cosecha).
- Rendimiento en grano y componentes de rendimiento.
- N en la biomasa (Z 30, floración y cosecha), y en grano

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 3.1- Características climáticas del año.

En la figura siguiente se presentan las condiciones climáticas registradas durante el ciclo del cultivo. Puede observarse que las precipitaciones fueron abundantes al momento de siembra (fin Junio-Julio) así como en el mes siguiente comenzado posteriormente un proceso de seca progresiva, que se hizo muy severa a partir de floración. Estas condiciones determinaron que el potencial ambiental para concretar altos rendimientos no fuese el adecuado, en particular para las siembras más tardías (sitios 1 y 3).



**Figura 1.** Condiciones climáticas registradas durante el periodo experimental, para la zona de paysandú.

Por su parte las temperaturas no presentaron sesgos importantes en la mayoría del periodo experimental, salvo en dos momentos claves, al inicio del macollaje en donde las elevadas temperaturas afectaron seriamente el macollaje y durante el llenado de grano donde la combinación de déficit de agua y elevadas temperaturas afectaron el llenado de grano.

### 3.2. Sitio 1: Chacra Trigo “Campo Experimental”

#### 3.2.1. Nitrógeno agregado según tratamiento.

En el cuadro siguiente se presentan los valores de nitrógeno en suelo (Z 22) y planta (Z 30) y las fertilizaciones realizadas según tratamiento.

**Cuadro 2.** Valores de los indicadores A Z 22 y Z 30 y unidades de nitrógeno agregadas por tratamiento.

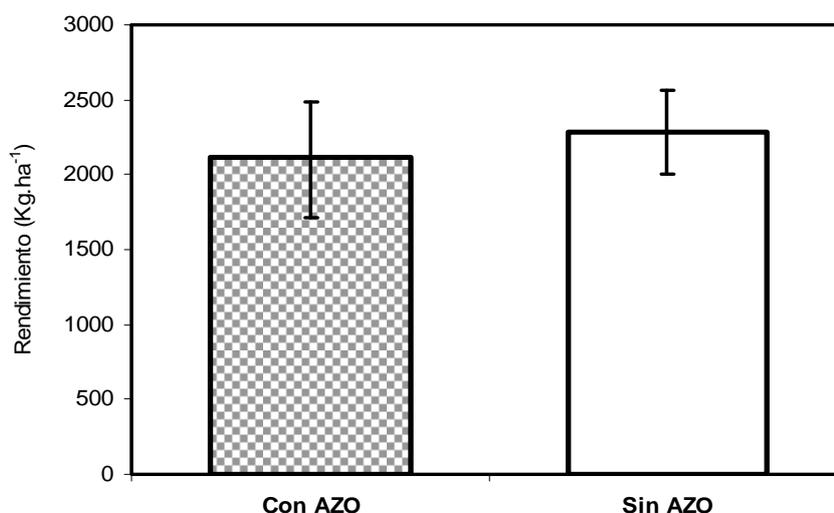
AZO	Tratamiento	N - NO <sub>3</sub> Z 22	Kg N.ha <sup>-1</sup>	% N Z30	Kg N.ha <sup>-1</sup>
CON	Testigo	3	0	2.6	0
	Modelo		45	2.8	41
	Modelo +50			3.0	62
SIN	Testigo		0	2.9	0
	Modelo		45	2.9	41
	Modelo +50			2.8	62

Puede observarse claramente que los niveles de nitrógeno en suelo fueron muy bajos desde los estadios iniciales y por lo tanto a priori se esperaría una importante respuesta a este nutriente.

### 3.2.2. Rendimiento y componentes.

Considerando que se trata de un experimento parcelario, los rendimientos son muy bajos, y como fue dicho anteriormente obedecieron al déficit hídrico y elevada temperatura desde mitad de encañado en adelante.

No existieron diferencias significativas en rendimiento como consecuencia de la inoculación con *Azospirillum* (AZO) ( $p < 0.1419$ ), del nitrógeno ( $p < 0.3553$ ), ni de la interacción entre inoculación y tratamientos de nitrógeno ( $p < 0,6794$ ). A continuación se presenta la información para el efecto mayor, AZO.



**Figura 2.** Rendimiento en grano según inoculación con *Azospirillum brasilense* en trigo (sitio 1- Klein Chaja).

Los rendimientos fueron extremadamente bajos considerando que se trata de un experimento parcelario, pero representativos de la condición hídrica que soportaron en este sitio en particular (exceso inicial y déficit final), dado por las características del año y el suelo. Con un rendimiento deprimido es poco probable encontrar respuesta a la inoculación con AZO, así como al N agregado.

**Cuadro 3.** Rendimiento, biomasa, IC, y componentes de rendimiento.

Tratamiento Inoculación	Tratamiento Nitrógeno	Rendimiento $Kg.ha^{-1}$	Biomasa Cosecha $Kg.MS.ha^{-1}$	IC	Espigas $N^{\circ}.m^{-2}$	Nro Granos $granos.m^{-2}$	Peso grano $grs$
CON	Testigo	2305	6447	0.36	400	5565	38.3
	Modelo	2135	5789	0.37	445	5714	37.3
	Modelo +50	1959	5702	0.34	397	5338	36.8
SIN	Testigo	1979	6404	0.31	382	5719	34.7
	Modelo	2455	6842	0.36	438	6801	36.2
	Modelo +50	2423	7368	0.33	432	6889	35.3
AZO		ns	0.0460	0.0762	Ns	ns	ns
Nitrógeno	P>F	ns	Ns	0.0406	Ns	ns	ns
AZO*Nitrógeno		ns	Ns	0.7441	Ns	ns	ns

Los únicos componentes con diferencias estadísticamente significativas fueron el índice de cosecha y la biomasa acumulada. Para el IC esta diferencia estuvo dada para cada uno de los efectos evaluados (AZO y nitrógeno), y no así para la interacción.

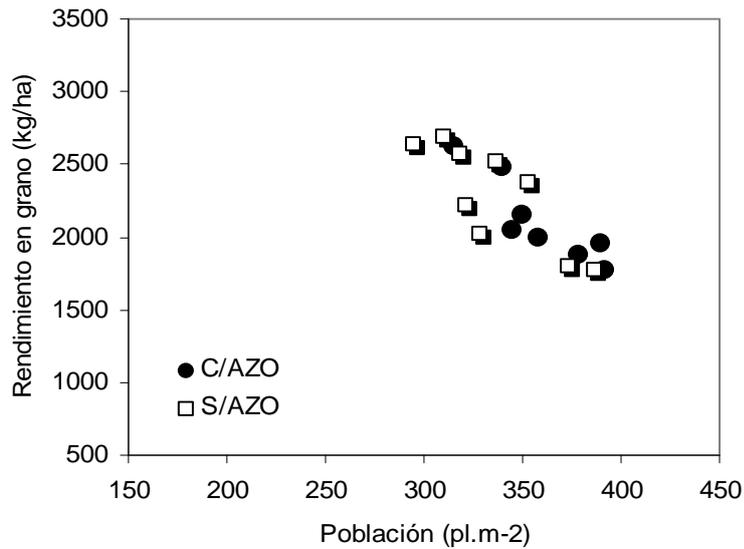
Para la biomasa acumulada a cosecha, se observa un claro efecto entre los tratamientos con y sin AZO tal como se puede observar en el cuadro 5. A su vez estas diferencias como consecuencia de la inoculación se observaron a lo largo de todo el ciclo (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Biomasa acumulada en tres momentos para los tratamientos con y sin inoculación con AZO e índice de cosecha.

AZO	Biomasa acumulada (Kg MS.ha <sup>-1</sup> )			I. Cosecha
	Z 30	Floración	Cosecha	
CON	909 b	3351 b	5702 b	0.35 a
SIN	1249 a	4436 a	6871 a	0.33 b
p > F	0.05	0.10	0.05	

Por alguna razón que intentaremos explicar mas adelante la inoculación con AZO provoco una disminución en la acumulación de biomasa que se manifestó desde estadios tempranos. Estas diferencias no se tradujeron en rendimiento como consecuencia de los cambios en el IC mostrados mas arriba.

En la siguiente grafica, se presenta la relación entre el rendimiento en grano y la población final, que como puede verse fue excesiva (dada por una implantación casi total de las semillas sembradas), para todos los tratamientos (en promedio fue levemente superior para el trigo inoculado con AZO, y ellos podría ser efecto directo de la inoculación). Si bien no existe información específica para este cultivar, vemos que en general, el mayor rendimiento estuvo asociado a poblaciones bajas, y una caída muy fuerte del rendimiento en la media que es mayor la población.

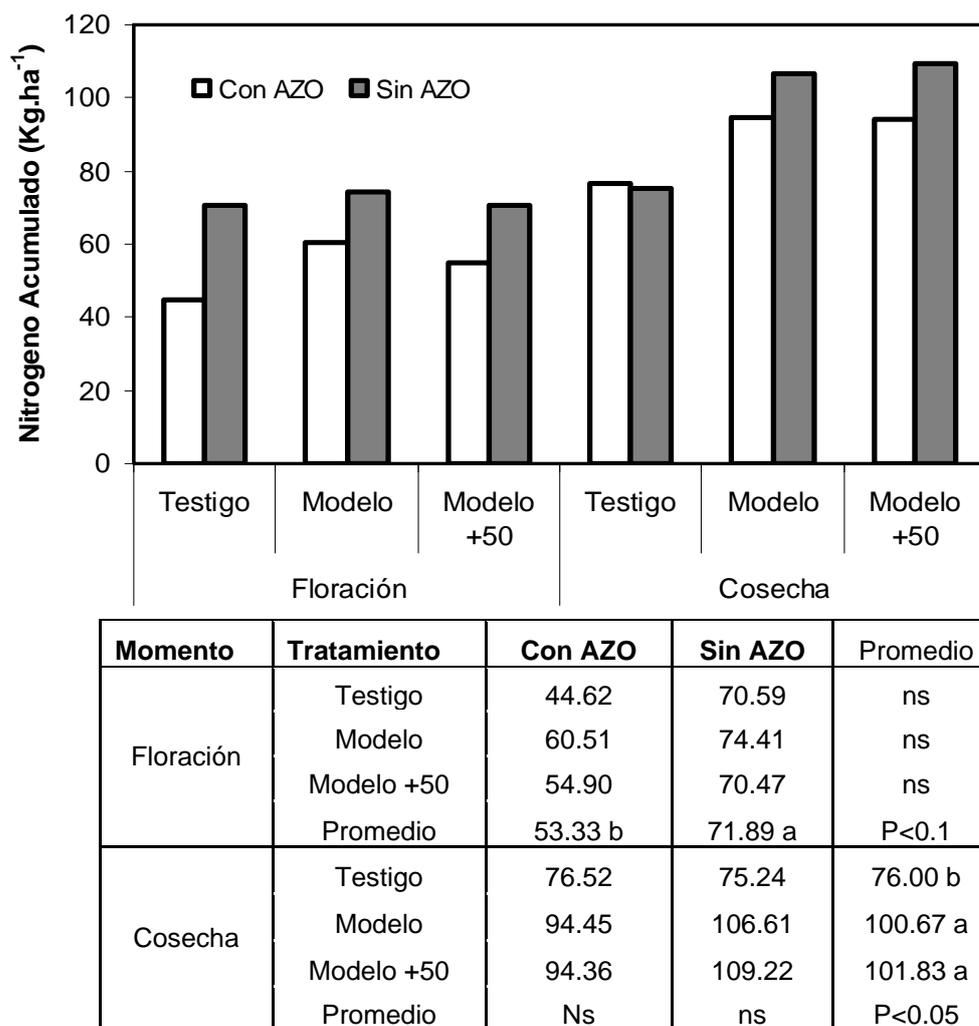


**Figura 3.** Rendimiento en grano en función de la población, para los tratamientos inoculados u no inoculados con AZO.

Claramente para este sitio, el exceso de población, por una implantación muy elevada parece ser el efecto mayor, limitando la respuesta al resto de los factores evaluados.

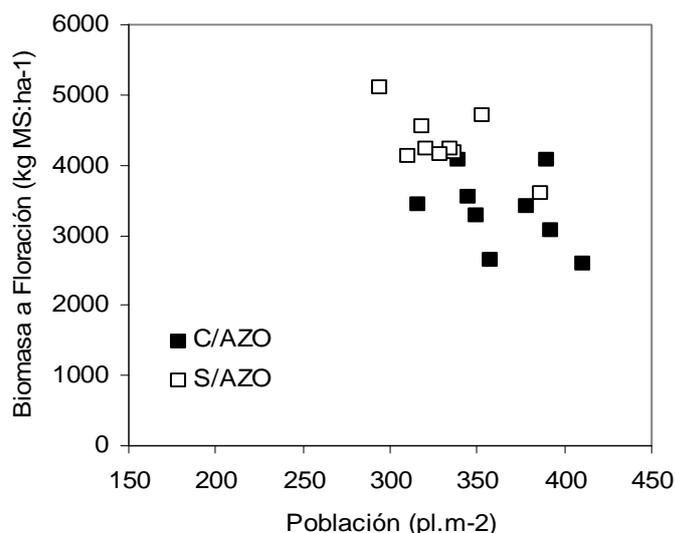
### 3.2.3. Absorción de Nitrógeno.

En la figura siguiente se presenta la cantidad de nitrógeno acumulado según tratamiento de inoculación y manejo del nitrógeno. Al momento de floración existió respuesta a la inoculación ( $p < 0.0382$ ) a favor del cultivo sin AZO y no existió efecto del manejo de nitrógeno ni de la interacción.



**Figura 4.** Nitrógeno absorbido según manejo de la fertilización nitrogenada e inoculación con AZO.

Por su parte para el nitrógeno absorbido a cosecha no existió efecto de la inoculación, ni de la interacción inoculación por manejo de nitrógeno, pero si existió efecto del manejo de nitrógeno ( $p < 0.097$ ), independientemente de la inoculación. Bajo las condiciones de falta de agua, el cultivo con más baja población logró crecer más y por tanto acumular más N (figura 5).



**Figura 5.-** Biomasa a floración en función de la población, con y sin AZO.

Por lo anterior, quizás pueda explicarse la tendencia a que mayor agregado de N, tendió a deprimir aún más los rendimientos en el cultivo con AZO (cuadro 3)

### 3.3. Sitio 2: Chacra Trigo “El Tejar”

#### 3.3.1. Nitrógeno agregado según tratamiento.

En el cuadro siguiente se presentan los valores de nitrógeno en suelo (Z 22) y planta (Z 30) y el N agregado según tratamiento.

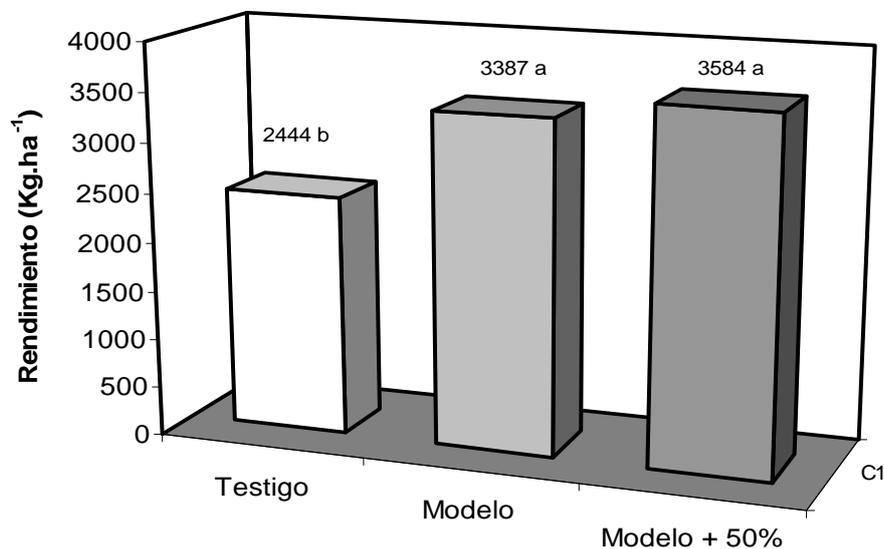
**Cuadro 5.** Valores de los indicadores medidos en suelo y planta para la decisión de fertilización y unidades de nitrógeno agregadas por tratamiento.

AZO	Tratamiento	N - NO <sub>3</sub> Z 22	Kg N.ha <sup>-1</sup>	% N Z30	Kg N.ha <sup>-1</sup>
CON	Testigo	4	0	2.6	0
	Modelo		45	3.2	35
	Modelo +50			3.1	52
SIN	Testigo		0	2.4	0
	Modelo		45	3.0	35
	Modelo +50			3.2	52

#### 3.3.2. Rendimiento y componentes.

En este ensayo los rendimientos fueron superiores a los del ensayo anterior, principalmente como consecuencia de la fecha de siembra y una población más ajustada (194 pl.m<sup>-2</sup>), lo cual determino que el déficit hídrico que soportara el cultivo fuese menor, además de este sitio se sembró en un suelo con mejor capacidad de almacenaje (agua útil). En este marco no existió respuesta significativa a la inoculación ( $p > 0.7248$ ), ni a la interacción entre

inoculación y manejo del nitrógeno ( $p>0.7474$ ), pero existió una importante respuesta al manejo del nitrógeno ( $p>0.0005$ ). En la figura y cuadro siguiente se observan las diferencias en rendimiento como consecuencia del manejo de este nutriente.



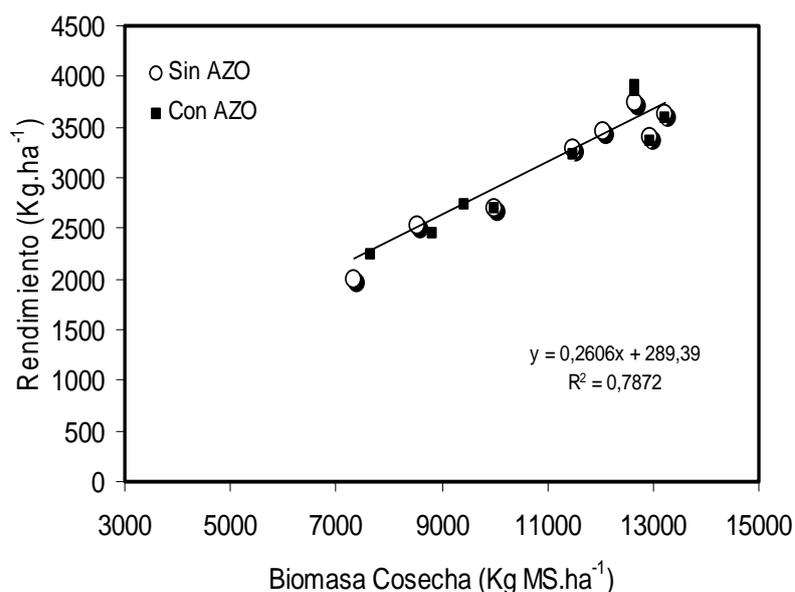
**Figura 6.** Rendimiento en grano según manejo del nitrógeno a Z 30.

A pesar de que la respuesta al agregado de nitrógeno fue muy importante no se logró respuesta a la inoculación con AZO, seguramente por tratarse de rendimientos medios, si tenemos en cuenta que la información reporta ventajas de la inoculación cuando los potenciales son mayores.

**Cuadro 6.** Rendimiento, biomasa total e índice de cosecha, y componentes.

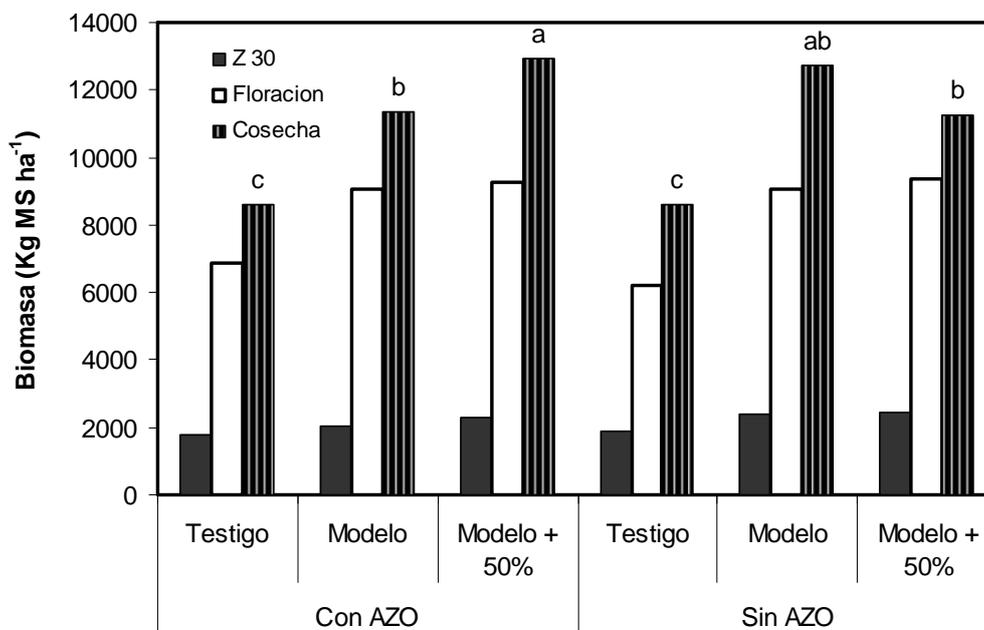
Tratamiento	Tratamiento	Rendimiento	Biomasa Cosecha	IC	Espigas	Nro Granos	Peso grano
Inoculación	Nitrógeno	Kg.ha <sup>-1</sup>	Kg.MS.ha <sup>-1</sup>	-	N <sup>o</sup> .m <sup>2</sup>	granos.m <sup>2</sup>	g
CON	Testigo	2480	8627	0.29	242	6357	39.0
	Modelo	3277	11373	0.29	325	8700	37.7
	Modelo +50	3602	12941	0.28	343	9504	37.9
SIN	Testigo	2409	8627	0.28	255	6284	38.3
	Modelo	3496	12745	0.27	338	9084	38.6
	Modelo +50	3566	11275	0.32	311	9064	39.3
AZO		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Nitrógeno	P>F	0.0005	0.0002	ns	0.011	0.0003	ns
AZO*Nitrógeno		ns	0.0824	ns	ns	ns	ns

Puede observarse que no existieron diferencias significativas como consecuencia de la inoculación para la mayoría de las variables evaluadas. Los efectos más importantes se detectan para los tratamientos de manejo de nitrógeno. En la figura siguiente se presenta la relación existente entre biomasa a cosecha y rendimiento.



**Figura 7.** Relación entre biomasa acumulada a cosecha y rendimiento en grano.

No se observó ninguna tendencia en cuanto a diferencias en la acumulación de biomasa total a cosecha y rendimiento alcanzado según tratamiento de inoculación. Al igual que en el ensayo anterior, la biomasa acumulada fue la principal determinante de los rendimientos obtenidos. En este sitio no existió efecto de la inoculación sobre la biomasa y sí del manejo del nitrógeno agregado a Z 30 (Figura 8).

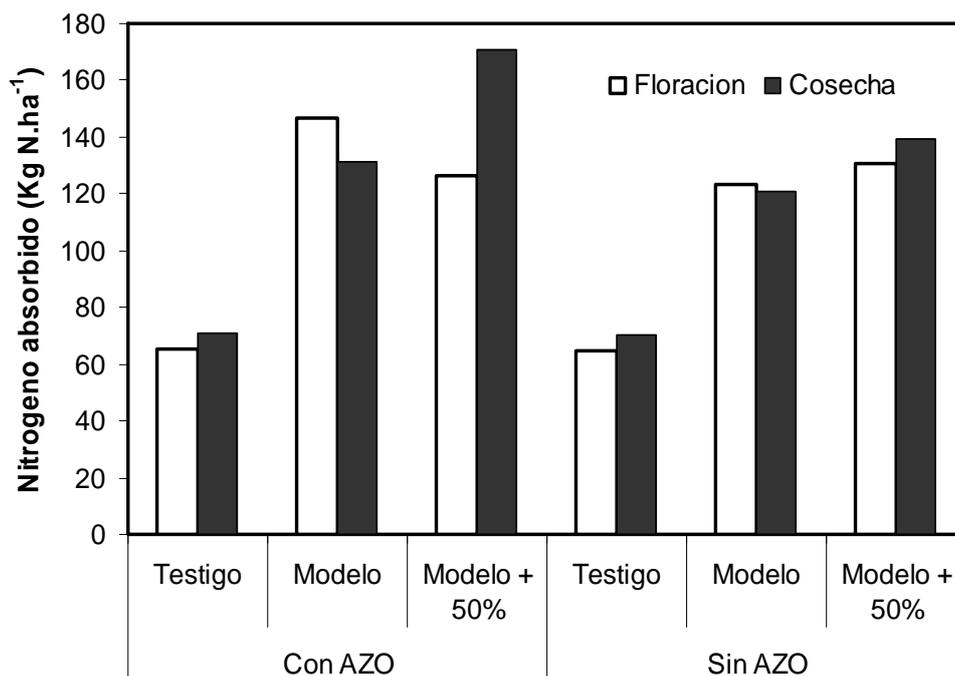


**Figura 8.** Biomasa acumulada para cada uno de los tratamientos evaluados en tres momentos (Z 30, Floración y Cosecha).

Si bien existen algunas diferencias en biomasa total a cosecha según el manejo de N, según el trigo fue o no inoculado con AZO, desde el punto de vista agronómico no tiene valor alguno.

### 3.3.3. Absorción de Nitrógeno.

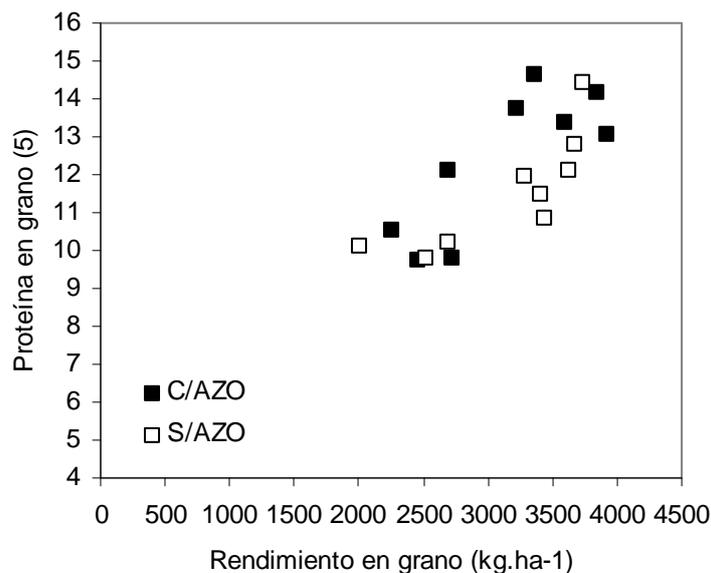
En la siguiente figura se presenta el nitrógeno absorbido a floración y cosecha según manejo del nitrógeno. Para los dos momentos evaluados (floración y cosecha) solo se detectaron diferencias significativas como consecuencia del manejo del nitrógeno ( $P > 0.003$  y  $0.001$  respectivamente).



**Figura 9.** Nitrógeno absorbido a floración y cosecha según tratamiento.

Se desprende claramente de la figura que existió una tendencia a que los tratamientos inoculados lograron a cosecha y a las mayores dosis de nitrógeno algunas mejoras en la cantidad de nitrógeno absorbido.

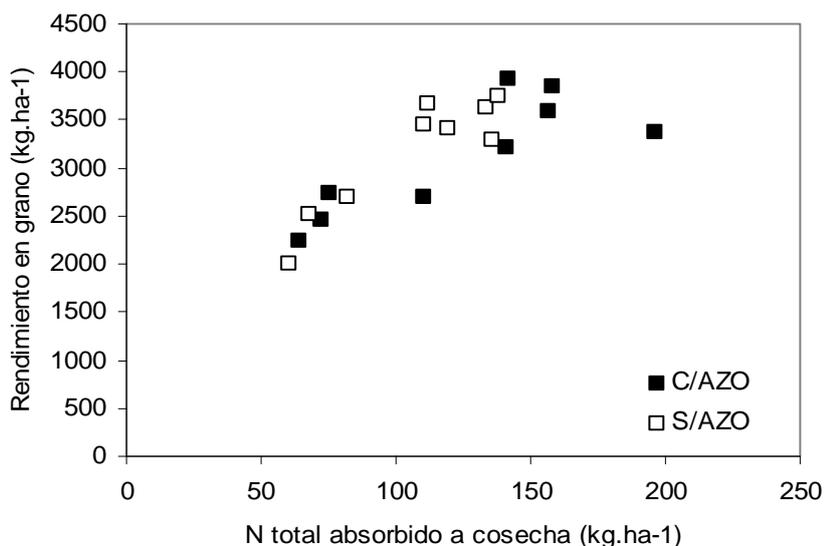
Estas diferencias, finalmente significaron, una superioridad promedio de proteína en grano a favor de los tratamientos inoculados de 7% (11.5 vs. 12.4 % de proteína, para sin y con AZO, respectivamente) (figura 10).



**Figura 10.-** Relación proteína y rendimiento en grano, para los tratamientos con y sin AZO.

Claramente podemos apreciar, que para el mismo rango de variación del rendimiento en grano, el nivel de proteína del cultivo sin inocular varía por debajo de los tratamientos inoculados. Esta diferencias obedecen directamente a la cantidad total de N absorbida a cosecha ( $r^2= 0.86$ ).

Factiblemente, si el agua no hubiese sido limitante hacia el final del ciclo del cultivo, estos mayores niveles de absorción de N, se hubiesen transformado en más grano (rendimiento concretado), y no en un rendimiento similar, con más PC en grano para el trigo inoculado con AZO (figura 11).



**Figura 11.-** Relación rendimiento en grano, N total absorbido a cosecha, con y sin AZO.

### 3.4. Sitio 2: Chacra Cebada “Maryles”

#### 3.4.1. Nitrógeno agregado según tratamiento.

En el cuadro siguiente se presentan los valores de nitrógeno en suelo (Z22) y planta (Z30) según tratamiento y la cantidad de nitrógeno agregado.

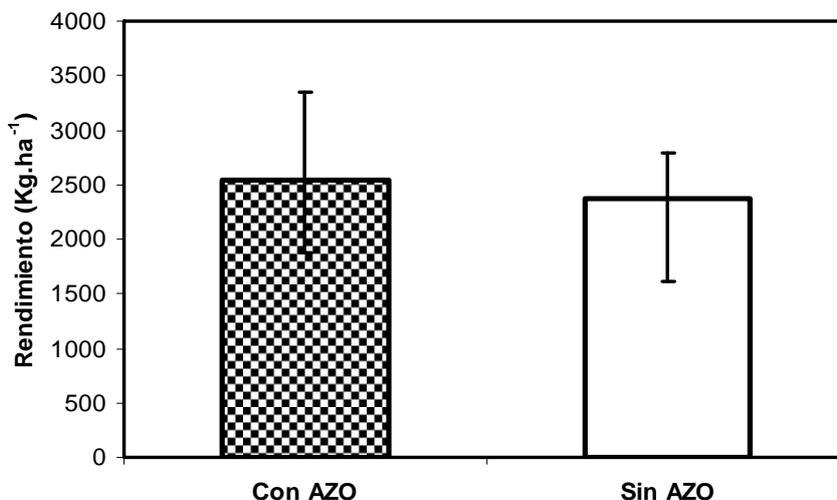
**Cuadro 7.** Valores de N en suelo a Z 22 y planta a Z 30, y unidades de nitrógeno agregadas por tratamiento a Z 30.

AZO	Tratamiento	N - NO <sub>3</sub> Z 22	Kg N.ha <sup>-1</sup>	% N Z30	Kg N.ha <sup>-1</sup>
CON	Testigo	4	0	2.9	0.0
	Modelo		45	3.7	23.0
	Modelo +50				34.5
SIN	Testigo		0	2.5	0.0
	Modelo		45	3.6	23.0
	Modelo +50				34.5

Los niveles de nitrógeno fueron bajos a Z 22, pero relativamente altos a Z 30, posiblemente como discutiremos mas adelante consecuencia del bajo crecimiento logrado a Z 30.

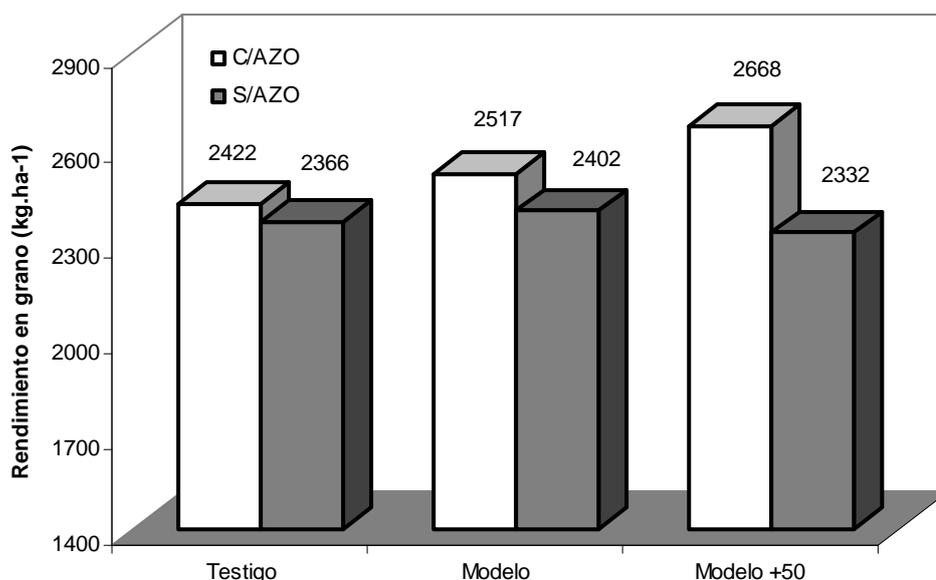
#### 3.4.2. Rendimiento y componentes.

Las poblaciones logradas en este sitio, fueron de 143 pl.m<sup>-2</sup>, sin diferencias estadísticas entre tratamientos de inoculación, muy ajustadas para las condiciones del año y cultivar. A este nivel no se detectaron diferencias significativas en rendimiento para ninguno de los tratamientos evaluados, manejo del nitrógeno ( $p>0.9389$ ), inoculación con AZO ( $p>0.1854$ ) y su interacción ( $p>0.8844$ ). De todas maneras existió una leve tendencia a que los tratamientos inoculados con AZO presentaron rendimientos superiores, los cuales no pudieron detectarse estadísticamente como consecuencia del elevado coeficiente de variación del sitio experimental (%CV 20.95).



**Figura 12.-** Rendimiento en grano según inoculación con AZO.

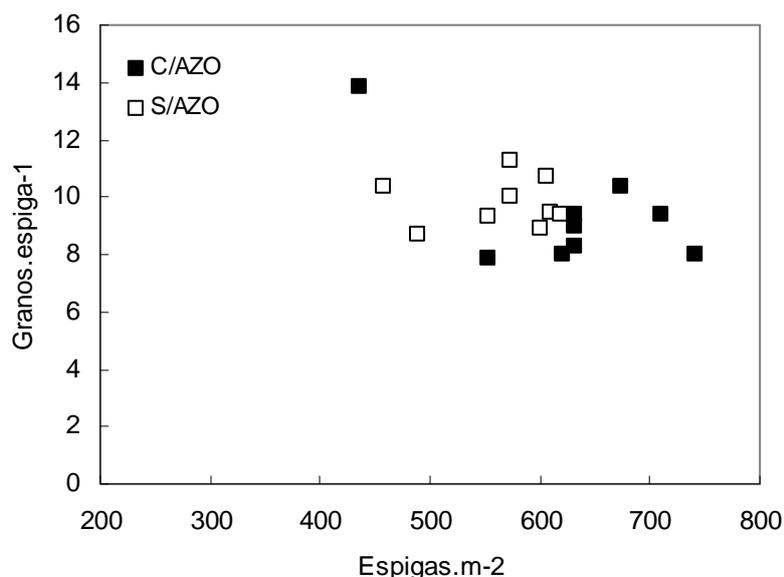
Como puede observarse, los rendimientos también en este sitio fueron muy bajos, como consecuencia de la fecha de siembra tardía y el régimen de lluvia del año. Como fue comentado anteriormente el factor que puede haber jugado en contra de la inoculación es el bajo potencial logrado por el cultivo, ya que como fue analizado anteriormente los mejores resultados como consecuencia de la inoculación se obtienen a mayores potenciales. En la siguiente figura y cuadro siguiente se presentan los distintos componentes que explicaron el rendimiento.



Tratamiento Inoculación	Tratamiento Nitrógeno	Rendimiento	Biomasa Cosecha	IC	Espigas	Nro Granos	Peso grano
		Kg.ha <sup>-1</sup>	Kg.MS.ha <sup>-1</sup>	-	Nº.m <sup>-2</sup>	granos.m <sup>-2</sup>	grs
CON	Testigo	2422	5439	0.45	540	5436	44.4
	Modelo	2517	6140	0.41	665	5857	42.9
	Modelo +50	2668	6316	0.42	672	6215	42.8
SIN	Testigo	2366	5175	0.46	544	5522	42.9
	Modelo	2402	5965	0.40	579	5803	41.2
	Modelo +50	2332	5439	0.43	588	5672	40.8
AZO	P>F	ns	ns	ns	ns	ns	0.073
Nitrógeno		ns	ns	ns	0.0397	ns	ns
AZO*Nitrógeno		ns	ns	ns	ns	ns	ns

**Figura13.-** Rendimiento en grano y componentes para los distintos tratamientos evaluados.

Cabe en primer lugar analizar, que el bajo rendimiento es en gran parte explicado por el bajo N<sup>ro</sup> de granos.m<sup>-2</sup>, consecuencia de buen N<sup>ro</sup> de espigas, pero espigas muy chicas (cada vez más chicas en la medida que creció el N<sup>ro</sup> de ellas,  $r = - 0.61$ ). Esta es una típica reacción a condiciones de sequía progresiva, que afectó más al cultivo inoculado, en la medida que mostró mayor N<sup>ro</sup> de espigas a las dosis más altas de N (figura 14).



**Figura 14.-** Relación tamaño de espiga, espigas por unidad de superficie, para los tratamientos con y sin AZO.

Desde el punto de vista estadístico no se detectaron diferencias para la mayoría de los componentes en promedio, salvo para el número de espigas como consecuencia del manejo de nitrógeno y en el peso de grano como consecuencia de la inoculación. Pero cuando se analiza los valores absolutos de todos los componentes solo teniendo en cuenta los valores medios y comparando con y sin AZO se puede apreciar como tendencia que los tratamientos con AZO logran valores superiores para todos los componentes, aunque las diferencias son escasas (Cuadro 8). A la mayor dosis de N, el cultivo inoculado evidenció un mayor Nro de granos.m<sup>-2</sup> (aunque esta diferencia no es significativa), con un PG que logra mantenerse, sin embargo el PG del mismo tratamiento de N, en la cebada sin inocular, cae a valores bajos para este cultivar.

**Cuadro 8.** Comparación entre rendimiento y sus componentes para tratamientos con sin AZO

Variable	Unidad	CON AZO	SIN AZO	Dif
Rendimiento	<i>Kg.ha<sup>-1</sup></i>	2536	2367	169
Biomasa Cosecha	<i>Kg.MS.ha<sup>-1</sup></i>	5965	5526	439
IC	-	0.42	0.43	-0.003
Espigas	<i>Nro.m<sup>-2</sup></i>	625.73	570.18	55.56
Nro Granos	<i>granos.m<sup>-2</sup></i>	5836.28	5665.68	170.60
Peso Grano	<i>g</i>	43.37	41.63	1.74

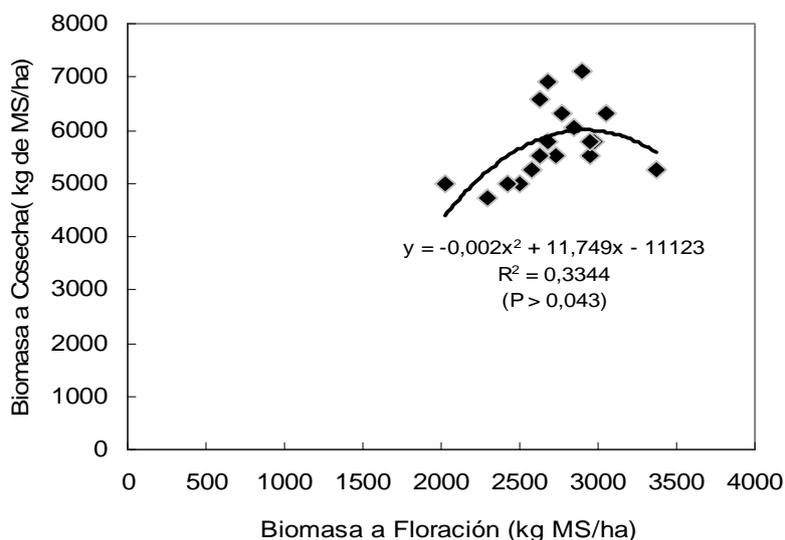
En una condición de agua no limitante, se podría por tanto haber esperado, espigas mayores en general, lo que hubiese llevado a un incremento en el N<sup>ro</sup> de grano, particularmente en el cultivo inoculado con AZO.

En cuanto a la curva de acumulación de biomasa se pueden hacer las siguientes consideraciones. La biomasa acumulada a Z30 fue relativamente baja considerando la variedad y fecha de siembra (895 Kg MS.ha<sup>-1</sup> en promedio). No existieron diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los componentes en este estadio, al igual que lo observado a cosecha. Cuando observamos la información a floración se detecta una respuesta significativa a la inoculación (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Biomasa acumulada (Z30, Floración y cosecha) según tratamiento con AZO.

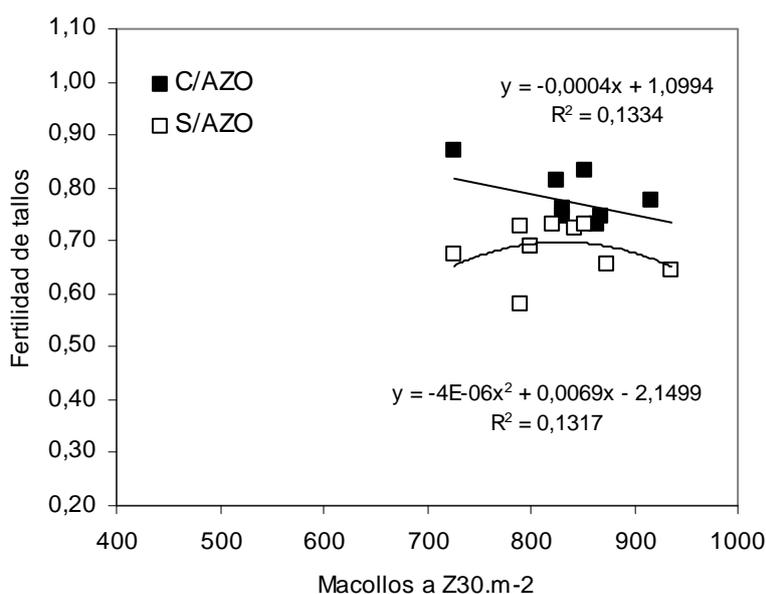
Estadio	Con AZO	Sin AZO	Dif (%).	P>F
Z30	915	874	4.7	ns
Floración	2872	2670	7.6	0.0155
Cosecha	5965	5526	7.9	ns

Dada la relación cuadrática que existió entre biomasa acumulada a floración y la biomasa acumulada a cosecha (Figura 10), (la cual es probable que este explicada por las condiciones de sequía terminal a la que fue expuesto el cultivo), y la relación existente entre biomasa acumulada a cosecha y rendimiento ( $R^2$  0.52;  $p > 0.001$ ), es posible concluir que la respuesta a la inoculación se podría haber hecho mas evidente si las adversas condiciones climáticas no hubiesen existido, ya que los tratamientos con AZO podrían haber logrado mayores acumulaciones de biomasa a cosecha, como fuese discutido anteriormente. Cabe aclarar que antes de floración las condiciones hídricas en este sitio, ya eran muy limitantes (dada la baja producción de biomasa en este momento), lo que seguramente esta explicando el bajo tamaño de espiga y por tanto escaso N<sup>ro</sup> de granos.m<sup>-2</sup>).



**Figura 15.-** Biomasa a cosecha en función de la biomasa a floración, para los tratamientos con y sin AZO.

En la siguiente figura, se presenta la relación entre Nro máximo de tallos a Z 30, y fertilidad final, como componente determinante del mayor Nro de espigas, en los tratamientos inoculados.



**Figura 16.-** Fertilidad de tallos en función de nro máximo de tallos a Z 30, para los tratamientos con y sin AZO.

Inocular la cebada con AZO, permitió al inicio del período de estrés hídrico (fases iniciales del encañado), disminuir la tasa de mortalidad de tallos y por tanto mayor fertilidad y N<sup>o</sup> de espiga. Sin embargo, en la medida que avanzó el ciclo de cultivo se puede casi asegurar que las condiciones de falta de agua se fueron haciendo cada vez más extremas, limitando la concreción del potencial por tallos (rendimiento por espiga), que hubiese permitido un rendimiento significativamente mayor a favor del cultivo con AZO.

#### 4. Consideraciones finales.

- Para el 2008 claramente las bajas precipitaciones, desde muy temprano, llevaron a una condición de déficit hídrico progresivo severo, que condicionó la concreción del potencial, sobre todo en los sitios con suelos de menor almacenaje (sitios 1 y 3).
- Las condiciones ambientales limitante, llevaron a rendimientos en general bajos, limitando la respuesta al agregado de N, sobre todo en los sitios con mayor déficit hídrico. Esto mismo pasó a nivel de la respuesta a la inoculación con AZO, además del efecto indirecto de estar en presencia de cultivos de bajo potencial.
- La promoción del crecimiento, bajo estas condiciones, condicionó aún más las posibilidades de sobrellevar las condiciones extremas de falta de agua.
- Si bien para ninguno de los sitios, se obtuvo respuesta significativa a la inoculación con AZO, desde el punto de vista del uso de este tipo de PGPR, para la cada sitio, se podría concluir:
  - En el sitio 1, la mayor población (muy por encima de lo normal para Uruguay) para el trigo con AZO,

- condicionaría la posibilidad de respuesta, tendiendo a agudizarse con más N.
- También en trigo, en el sitio 2, el cultivo con AZO, absorbió sustantivamente más N, que no pudo transformarse en mayor biomasa total, dadas las condiciones de seca. Sin embargo los niveles de PC en grano fueron superiores.
  - La cebada en el sitio 3, con el elevado CV para rendimiento en grano, fue el único sitio con tendencia a rendimientos superiores a las mayores dosis de N. En este experimento, la inoculación permitió que el cultivo arrancara con grandes ventaja, dadas por un mayor N<sup>o</sup> de espigas como consecuencia de una menor tasa de muerte de tallos. Este mayor N<sup>o</sup> de espigas, frente a la extrema seca al final del ciclo, finalizó con espigas más chicas, perdiéndose las posibilidades de concretar un mayor rendimiento final.

## 5. Bibliografía

Díaz Zorita, M; García, F. 2006. Nutrición y fertilización: Balances, Modelos de Diagnostico e Interacciones. Congreso "A Todo Trigo 2006". Mar del Plata, 18 y 19 de Mayo de 2006.

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.

Ferraris, G. 2007. Respuesta a la utilización combinada de *Azospirillum* y fertilizante foliar en Trigo. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Proyecto Regional Agrícola.

Hoffman, et al.2001 Efectos del exceso hídrico en los cultivos de invierno. In Cangüe Nro. 23. EEMAC Facultad de agronomía (en elaboración). Resumen del trabajo publicado en: [www.fagro.edu.uy/eemac/web](http://www.fagro.edu.uy/eemac/web)

Perdomo, Hoffman, Pons, Pastorini. 1999. Soil Nitrate Critical Levels and Nitrogen Requirements for Malting Barley in Uruguay. Crop Science society of America. Soil Science society of America. Salt Lake City Utah.

Hoffman, et al.2001 Efectos del exceso hídrico en los cultivos de invierno. In Cangüe Nro. 23. EEMAC Facultad de agronomía (en elaboración). Resumen del trabajo publicado en: [www.fagro.edu.uy/eemac/web](http://www.fagro.edu.uy/eemac/web)

Hoffman. E, Borghi. E, Castro. A, Olivo. N, Gonzales. S y Viega. L. 2002. Definición y concreción del potencial de rendimiento de cebada cervecera en ambientes sin limitantes hídricas y de nitrógeno en primavera. In.

Reunión Latinoamericana de Fisiología Vegetal. - Congreso Uruguayo de Fisiología Vegetal. Maldonado. Uruguay

Hoffman. E, Benítez .A y Cadenazzi. M. 2004. Caracterización de cultivares de cebada cervecera. Evaluación de NE 1695 y NE 0296 de MUSA y U 5293 de MOSA. Año I-2003. Informe de primer año de evaluación.