

## **Respuesta del arroz a la inoculación con Azospirillum o Herbaspirillum 2008-09** **Informe preliminar**

El objetivo del trabajo es evaluar los efectos de inoculación de semilla de arroz con Azospirillum o Herbaspirillum, en distintos niveles de fertilización nitrogenada.

### **Materiales y Métodos**

El 24 de octubre de 2008 se sembró la variedad El Paso 144, a razón de 490 semillas viables/m<sup>2</sup>.

En forma previa a la siembra, se extrajeron muestras de suelos en cada uno de los bloques del ensayo. En el Cuadro 1 se presentan los resultados de sus análisis.

Cuadro 1. Análisis de suelos

Bloque	pH (H <sub>2</sub> O)	C.O %	P ppm Bray1	K meq/100g
I	5,6	1,65	6,2	0,26
II	5,4	1,47	4,3	0,21
III	5,7	1,58	4,5	0,27

A la siembra, todas las parcelas fueron fertilizadas con 104 kg/ha de fosfato de amonio (N<sub>18,7</sub> P<sub>47,8</sub>).

Se consideró un factorial completo 3x3, siendo los factores:

- inoculación de semilla (sin inóculo, ó inoculada con Azospirillum o Herbaspirillum);
- nivel de nitrógeno en cobertura (0, 23 y 46 kg/ha de N).

Para las inoculaciones, se utilizaron fuentes proporcionadas por la empresa Lage & Cía, a razón de 1200cc cada 100 kg de semilla para ambos productos, sin agregar agua u otro producto adicional.

Se utilizó urea como fuente de nitrógeno para realizar las aplicaciones en cobertura.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con 3 repeticiones. El tamaño de parcelas utilizado fue el

resultante de pasar 2 veces una sembradora de 9 hileras separadas 0,17m entre sí, en un largo de 8,1m (24,79 m<sup>2</sup>). Cada parcela fue aislada de sus vecinas, mediante la construcción de tapias por los 4 frentes, de manera de poder realizar un riego independiente, para evitar posibles traslados de los organismos entre ellas.

Junto a los 9 tratamientos resultantes de la combinación de los 2 factores mencionados, se incluyó un testigo sin inoculación de semilla que recibió una dosis nitrogenada mayor.

En el Cuadro 2 se presenta un resumen de los tratamientos utilizados.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados

Trt No	Inoculación	Coberturas N*		N total kg/ha
		mac	EE	
1	Sin	0	0	19
2	Azospirillum	0	0	19
3	Herbaspirillum	0	0	19
4	Sin	23	23	65
5	Azospirillum	23	23	65
6	Herbaspirillum	23	23	65
7	Sin	11,5	11,5	42
8	Azospirillum	11,5	11,5	42
9	Herbaspirillum	11,5	11,5	42
10	Sin	34,5	34,5	88

\* mac= macollaje; EE= elongación de entrenudos

En referencia a los niveles de nitrógeno, se trató de evaluar un rango de cantidades de urea utilizadas habitualmente por los productores de arroz de la región, dividiendo el suministro 50% al macollaje y el resto previo a la formación del primordio floral. En los tratamientos 4, 5 y 6 se utiliza una bolsa de urea en cada etapa, y en los tratamientos 7,8 y 9, media bolsa respectivamente. En el caso del trt 10, se utiliza 1 y ½ bolsas.

El 5 de noviembre, se realizó un baño para promover y uniformizar la emergencia.

Las malezas fueron controladas el 13/11/08, mediante la aplicación de una

mezcla de tanque, compuesta por propanil, quinclorac, clomazone y pirazosulfuron etil (Propagri 3,5 l/ha, Facet 1,3 l/ha, Command 0,8 l/ha y Cyperoff 0,2 kg/ha).

Al inicio de floración se realizaron estimaciones de la actividad clorofiliana en la última hoja desarrollada, mediante lecturas con un SPAD.

En forma previa a la cosecha se midió la altura de 6 plantas por parcela y se extrajeron 2 muestreos al azar de 0,3 x 0,17 por parcela, para realizar el análisis de componentes del rendimiento y otros 2 de igual tamaño, para estimar el índice de cosecha. (producción de grano / producción total de materia seca) y la absorción de N en paja y grano respectivamente.

Para la cosecha las parcelas fueron desbordadas en su largo mayor, cosechándose 7m en 4 surcos centrales de cada pasaje de sembradora (4x2x7x0.17)m<sup>2</sup>. La cantidad de grano cosechada fue pesada en el campo y se tomó una muestra para determinar su humedad. Posteriormente, para analizar los rendimientos obtenidos se corrigió el peso obtenido en cada unidad, a una base uniforme de 13% de humedad. A su vez, se utilizó parte de dicha muestra para realizar análisis de rendimiento y calidad industrial.

Para la evaluación de los resultados obtenidos en las distintas variables en estudio, se realizaron 2 tipos de análisis estadístico. En uno de ellos se utilizaron los 10 tratamientos del Cuadro 1 con sus 3 repeticiones; en el otro se analizó como un factorial 3 x 3, excluyendo el tratamiento 10.

## Resultados

En el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos en el rendimiento y sus componentes en el primer tipo de análisis y en el Cuadro 4 en el análisis factorial.

Cuadro 3. Rendimiento y sus componentes. Resultados de los análisis de varianza considerando 10 tratamientos\*

Fuente	Rend	pan	ll/p	v/p	t/p	PMG
Bloque	0,001	ns	ns	ns	ns	ns
Trat.	0,036	ns	ns	ns	ns	ns
Media	11.605	538	79	9,8	89	26,2
C.V.%	5,6	13,2	16,6	30	17	1,2
no-adit	-	-	-	-	-	-

\* trt= tratamientos; Rend= rendimiento; pan= panojas/m<sup>2</sup>; ll/p= granos llenos por panoja; v/p= granos vacíos por panoja; PMG= peso de mil granos

Con un alto rendimiento promedio (11.605 kg/ha), se encontraron diferencias significativas al 4% debidas a los tratamientos. Aunque el test de Tukey, al nivel de 5%, no separa como distintas las medias obtenidas, en el Cuadro 4 se presentan las mismas ordenadas de mayor a menor.

Cuadro 4. Rendimientos promedio ordenados en forma decreciente \*

Tratamiento	Rendimiento	
10	12.389	a
9	12.178	a
7	11.888	a
4	11.854	a
8	11.834	a
5	11.814	a
6	11.771	a
2	11.026	a
3	10.770	a
1	10.529	a
Tukey <sub>(0,05)</sub>	1.906	

\* las diferencias no son significativas según el test de Tukey al nivel de 5%

Se puede observar que los rendimientos más bajos fueron obtenidos cuando no se aplicó N en cobertura (trt 1-3-2): En el otro extremo, el máximo valor de cosecha correspondió al trt 10 (69 kg/ha de N), pero seguido muy de cerca por trt que sólo recibieron 42 kg/ha, incluyeran éstos o no inoculación (trt 9-7-8).

En relación a los componentes, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de ellos debido a los tratamientos.

En el Cuadro 5 donde se presentan los resultados obtenidos en el análisis factorial 3x3, se reafirma que el factor principal de la determinación del

rendimiento corresponde a N, no detectándose diferencias significativas debidas a la inoculación ni a la interacción de ambos factores.

Cuadro 5. Rendimiento Resultados de los análisis del factorial 3x3 (Inoculación x N) \*

Fuente	Rend	pan	ll/p	v/p	t/p	PMG
<b>Bloque</b>	0,002	ns	ns	ns	ns	ns
<b>Inoc.</b>	ns	0,1	ns	ns	ns	ns
<b>Nit</b>	0,04	ns	0,07	ns	0,1	0,06
<b>Ino x N</b>	ns	ns	ns	9,7	ns	ns
<b>Media</b>	11.518	531	80	10	91	21,5
<b>C.V.%</b>	5,8	11,9	15,3	33	16	5,1

Rend= rendimiento; pan= panojas/m<sup>2</sup>; ll/p= granos llenos por panoja; v/p= granos vacíos por panoja; PMG= peso de mil granos / Inoc.= inoculación; Nit= nitrógeno; In x N= interacción inoculación por nitrógeno

En la Figura 1 se presenta en forma gráfica la respuesta obtenida por el agregado del nutriente, cuando no se inoculó la semilla (rango 19 a 88 kg/ha de N). En la misma se señalan con símbolos triangulares o cuadrangulares, los rendimientos promedio obtenidos en los niveles correspondientes (19/42/65 kg/ha) cuando la semilla fue inoculada con

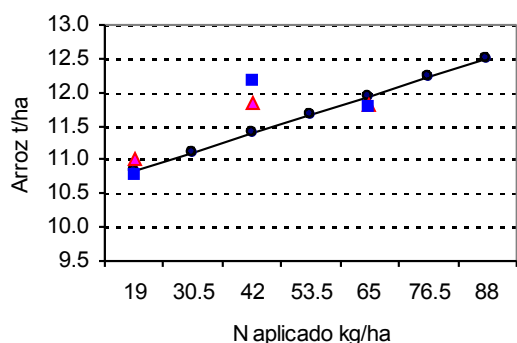


Figura 1. Respuesta del arroz a la aplicación de nitrógeno en el rango de 19 a 88 kg/ha, cuando la semilla no fue inoculada ( $y = 10.375 + 0.02411x$   $R^2 = 0,38^*$ ). Los símbolos (triángulos/rectángulos) representan los promedios de rendimientos obtenidos en los niveles de N cuando la semilla fue inoculada

Azospirillum o Herbaspirillum respectivamente. En estas situaciones, no se encontró un ajuste polinómico de significación estadística.

En el análisis factorial de los componentes del rendimiento, se encontraron algunos efectos, que resultaron levemente significativos en el número de panojas por unidad de superficie debido a la inoculación, y en el número de granos por panoja y peso de granos debidas al agregado de N. En el Cuadro 6 se presentan los promedios correspondientes a las tendencias observadas.

Cuadro 6. Efectos de la inoculación y el agregado de N en componentes del rendimiento\*

Inoculación	pan	N	llen/p	PMG
<b>Sin</b>	517	<b>19</b>	82,4	26,02
<b>Azospirillum</b>	505	<b>42</b>	72,3	26,21
<b>Herbaspirillum.</b>	570	<b>65</b>	86,6	26,41
<b>Significación</b>	0,10		0,07	0,06

\* pan= panojas/m<sup>2</sup>; llen/p= granos llenos por panoja; PMG peso de mil granos

En los Cuadros 7 (10 tratamientos) y 8 (factorial 3x3) se presentan resultados obtenidos en los análisis de otras variables, de acuerdo a los registros tomados al inicio de floración (lecturas con SPAD) y en forma previa a la cosecha.

En la tabla de análisis de varianzas cuando se consideran los 10 tratamientos, se incluye la no-aditividad de efectos de bloques y tratamientos como fuente de variación; en 3 de las variables estudiadas (SPAD, altura de plantas e índice de cosecha), se encontraron tendencias significativas de este factor. No obstante ocurrir dicho problema, en el Cuadro 8 se puede observar que aunque a nivel de tendencias, se detectan efectos significativos de la inoculación y del agregado de N en las estimaciones de la actividad clorofiliana (9 y 4 % respectivamente). Los promedios obtenidos fueron:

sin inocular: 36,7;  
inoculada con Azospirillum: 37,3;  
inoculada con Herbaspirillum: 36,7

Nitrógeno: N<sub>19</sub>: 36,5 - N<sub>4</sub>:37,0 - N<sub>65</sub>: 37,2

Cuadro 7. Registros a comienzos de floración (SPAD) y cosecha. Resultados de los análisis de varianza considerando 10 tratamientos\*

Fuente	Spad floración	Alt	% N paja	% N grano	MS paja	MS grano	MS total	IC	N abs p	N abs g	N abs t
Bloque	ns	ns	0,002	0,03	ns	0,001	0,02	ns	0,006	ns	0,08
Trat.	0,07	ns	ns	ns	ns	0,04	ns	ns	ns	0,03	0,08
No adit.	0,08	0,04	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-
Media	36,9	84,0	0,72	1,12	7.859	10.096	17.955	0,56	56,9	112,6	169,6
C:V:%	1,5	3,7	10,0	5,2	9,0	5,6	6,6	2,8	14,3	8,2	8,6

\* Alt= altura; MS= materia seca; IC= índice de cosecha; abs p= absorbido en paja; abs g= absorbido en grano; abs t= absorbido total / Trat= tratamientos; No adit.= no aditividad

Cuadro 8. Registros a comienzos de floración (SPAD) y cosecha. Resultados de los análisis del factorial 3x3 (Inoculación x Nitrógeno) \*

Fuente	Spad	Alt	% N paja	% N grano	MS paja	MS grano	MS total	IC	N abs p	N abs g	N abs t
Bloque	ns	0,16	0,003	0,06	ns	0,002	0,03	ns	0,01	ns	0,10
Inoc.	0,09	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Nit	0,04	0,01	ns	0,06	0,10	0,003	0,02	0,13	0,12	0,003	0,006
In x N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Media	36,9	83,9	0,73	1,11	7.824	10.021	17.844	0,56	57,1	111,5	168,7
C.V.%	1,6	3,5	10,3	5,5	9,5	5,8	7,0	2,9	14,9	8,4	9,1

Alt= altura; MS= materia seca; IC= índice de cosecha; abs p= absorbido en paja; abs g= absorbido en grano; abs t= absorbido total / Inoc.= inoculación; Nit= nitrógeno; In x N= interacción inoculación por nitrógeno

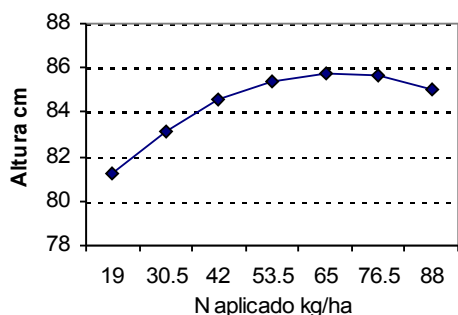


Figura 2. Altura de plantas en respuesta al agregado de nitrógeno (valores con y sin inoculación)  $y = 77,04 + 0,2595x - 0,00192x^2$   $R^2 = 0,32^{**}$

La altura de plantas solamente fue incrementada por la aplicación del nutriente (Figura 2).

En el Cuadro 8 se puede observar que al desdoblarse el estudio de los efectos significativos en los factores manejados (inoculación / N), el agregado del elemento tuvo la mayor importancia. En la situación manejada, salvo en el SPAD, no existió impacto por haber inoculado la semilla.

Cuadro 9. Valores promedio obtenidos en varias variables por efectos del agregado de nitrógeno\*.

A modo de resumen se pueden observar en el Cuadro 9, los promedios obtenidos en las variables presentadas en el Cuadro 8 por efecto (hasta 10% de significación) de la aplicación de nitrógeno. Para su comparación, también aparece en la tabla el valor correspondiente al tratamiento 10 (máxima adición del nutriente sin inocular la semilla).

En los Cuadros 10 y 11 se presentan los resultados obtenidos en rendimiento y calidad industrial. No se encontraron diferencias significativas atribuibles a los tratamientos en ninguno de los análisis realizados, ya sea tomando en consideración los 10 tratamientos, como en el factorial inoculación por nitrógeno. En promedio se registraron porcentajes de 70,5 en Blanco total, 66,7 en granos enteros, 4 en granos yesados.

<b>Nitrógeno</b> kg/ha	<b>% N</b> grano	<b>MS</b> paja	<b>MS</b> grano	<b>MS</b> total	<b>N</b> abs g	<b>N</b> abs t
<b>19</b>	1,08	7.396	9.374	16.770	101,2	153,4
<b>42</b>	1,11	7.866	10.411	18.277	114,9	173,4
<b>65</b>	1,15	8.209	10.277	18.486	118,5	179,2
<b>probab.</b>	0,06	0,10	0,003	0,02	0,003	0,006
<b>88**</b>	1,14	8.175	10.778	18.952	122,5	177,6

\* en las 3 primeras filas, los promedios incluyen tratamientos con y sin inoculación; en la última sólo sin inocular

\*\* en los respectivos análisis de varianza realizados con 10 tratamientos (Cuadro 7), en ningún caso el valor promedio registrado para la aplicación de 88 kg/ha de N, fue estadísticamente superior a los demás según la prueba de Tukey<sub>0,05</sub>

**Cuadro 10. Rendimiento y calidad industrial. Resultados de los análisis de varianza considerando 10 tratamientos\***

<b>Fuente</b>	<b>BT</b>	<b>Entero</b>	<b>Yesado</b>
<b>Bloque</b>	ns	ns	0,000
<b>Trat.</b>	ns	ns	ns
<b>No adit.</b>	-	-	-
<b>Media</b>	70,5	66,7	4,0
<b>C:V:%</b>	0,6	1,5	24,6

\* BT= % Blanco total; Trat.= tratamiento;

No adit.= no aditividad

**Cuadro 11. Rendimiento y calidad industrial. Resultados de los análisis del factorial 3x3 (Inoculación x Nitrógeno) \***

<b>Fuente</b>	<b>BT</b>	<b>Entero</b>	<b>Yesado</b>
<b>Bloque</b>	ns	ns	0,000
<b>Inoc.</b>	ns	ns	ns
<b>Nit</b>	ns	0,14	0,13
<b>In x N</b>	ns	ns	ns
<b>Media</b>	70,5	66,7	4,2
<b>C.V.%</b>	0,6	1,5	22,4

\* BT= % Blanco total; Inoc.= inoculación; Nit= nitrógeno; In x N= interacción inoculación por nitrógeno