

## Inoculación en soja: Sumando esfuerzos para mejores logros

\*Ing. Agr. M.Sc. Luis Ventimiglia

\*Lic. Econ. Agr. Lisandro Torrens Baudrix.

**Noviembre 2020**

La inoculación en soja es una práctica imprescindible para poder potenciar el rendimiento del cultivo. La soja se puede decir que es nitrógeno dependiente, en otras palabras, a mayor cantidad de nitrógeno que incorpore en su biomasa, existe una alta posibilidad de alcanzar más rendimiento. Recordemos que la soja, con un contenido de proteína que se ubica a nivel país entre 36 y 37 %, y con rendimientos promedios de 3.100 kg/ha, estaría necesitando solamente para la formación de esos granos, incorporar más de 180 kg/ha de nitrógeno. Ese es el rendimiento promedio a nivel país, pero hay lotes y productores, que pueden duplicar ese rendimiento. En consecuencia, para 6.000 kg/ha de soja con el mismo nivel de proteína en grano, el cultivo tiene que captar, reiteramos, solamente para granos 355 kg/ha de nitrógeno. A ese valor habría que sumarle el contenido de nitrógeno en hojas, tallos, cascara, raíces, etc. y el valor se verá sumamente aumentado. Por otro lado están las eficiencias, se sabe claramente que no hay ningún sistema que tenga una eficiencia del 100 %, por ejemplo si se incorporan 10 kg, la disponibilidad en el suelo debería ser mucho más alta de 10 kg. En fin, no cabe duda, que son cantidades de nitrógeno sumamente altas y que los suelos de nuestra región difícilmente puedan aportar por si solos dichas cantidades.

Entonces ¿En qué se sustenta la soja para poder incorporar tan altas cantidades de nitrógeno a su estructura productivista?, y es mediante la asociación virtuosa con microorganismos. El caso más emblemático es con *Bradyrhizobium japonicum*, una bacteria que, formando una asociación con las raíces de la soja, logra nutrirse a

partir de los azúcares que la planta le envía y en contrapartida ella, tiene la capacidad de tomar nitrógeno del aire que el suelo dispone y que está en equilibrio con el aire atmosférico. La cantidad que puede tomar, excede ampliamente sus necesidades, brindándole el sobrante a la propia planta, quien lo utiliza para la formación de aminoácidos en primera instancia y luego para formar proteínas.

Dicho esto, queda claro que esta bacteria, la cual no es nativa de la pampa húmeda, esto quiere decir que los suelos vírgenes en soja no contienen la misma, es necesario adicionarla para que pueda cumplir su rol. Con el tiempo la misma se naturaliza y convive en el suelo con los demás microorganismos que habitan el mismo. Ahora bien, hay que tener cuidado, dado que si bien al naturalizarse y poder vivir en el suelo, no quiere decir que sea muy efectiva. En verdad, la bacteria lo que quiere es vivir y por lo tanto lo que trata de hacer es generar mecanismos que le permitan competir y sobrevivir hasta que una nueva raíz de soja este a su alcance, por lo tanto se especializa en ser infectiva, pero no se preocupa tanto por la efectividad (fijación de nitrógeno). Es por esta razón y otras tantas, que es imprescindible inocular todos los años, por más que un suelo disponga de un gran número de ciclos de soja. El clima es muy cambiante, y los microorganismos están expuestos a múltiples factores que atentan contra su supervivencia: por ejemplo sequías, excesos hídricos, radiación solar, otros competidores, productos de distinta índole que el suelo recibe, etc. Todo esto hace que exista un equilibrio, pero que en algunos años vaya más para un lado y en otros para otro.

El ser humano trabaja incansablemente en busca de mejorar la fijación biológica de nitrógeno, con la selección de nuevas cepas, con productos que actúan como protectores, con métodos de inoculación, etc. Desde hace muchos años también se viene investigando con otros microorganismos, principalmente bacterias y hongos, buscando alternativas que permitan combinar diferentes modos de acción de distintos microorganismos que produzcan una

sinergia en la acción que ellos tienen asignada, repercutiendo, si esto se consigue, en un aumento de rendimiento.

La técnica que combina el uso de *Bradyrhizobium* con uno o más microorganismos se la conoce como coinoculación. Es decir, la semilla o el suelo (depende el método de inoculación utilizado), recibe más de un microorganismo. Los resultados son muy interesantes y cada día hay más empresa y más productos que entran al sistema productivo.

Durante la campaña 19/20 la Agencia INTA 9 de Julio realizó una experiencia en soja para evaluar cuál era el aporte que podrían hacer otros microorganismos al sistema productivo, cuando los mismos son asociados al *Bradyrhizobium japonicum*.

La experiencia se efectuó sobre un lote que tuvo como antecesor avena de pastoreo, este fue trabajado con cincel, disco, rastra y rolo. Los antecedentes del lote lo ubican como agrícola, con una historia sojera de más de 30 años, alternando con otros cultivos, principalmente maíz.

La siembra se realizó el 5 de diciembre de 2019 con la variedad RA 3916 del criadero Santa Rosa, a un espaciamiento de 0,35 m entre hileras, con una densidad de 40 semillas/m<sup>2</sup>. El diseño fue en bloques al azar con 4 repeticiones, teniendo cada unidad experimental una dimensión de 17,15 m<sup>2</sup>. La fertilización para todos los tratamientos se efectuó en la línea de siembra con 100 kg/ha de fosfato monamónico. El lote disponía al momento de la siembra de 50 kg/ha de nitrógeno hasta 60 cm de profundidad, contando en los primeros 20 cm con 11,4 ppm de fósforo asimilable, 7,1 ppm de azufre y 3 % de materia orgánica.

La experiencia consistió en cotejar 4 tratamientos a saber:

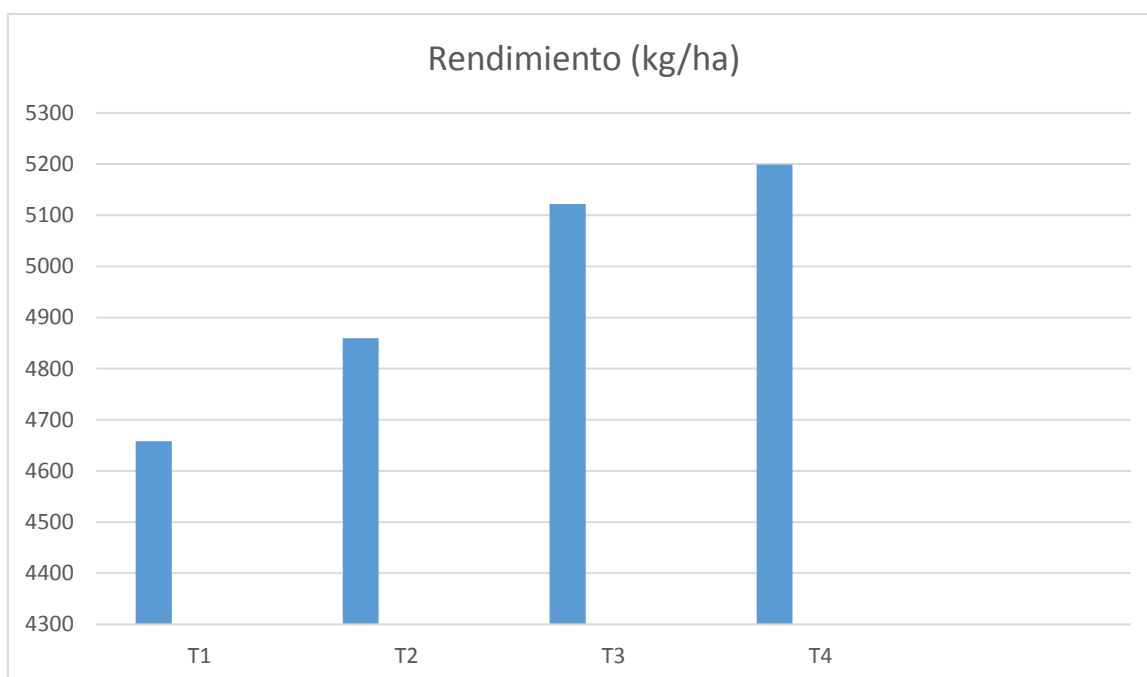
- 1.- No inoculado
- 2.- Inoculado con *Bradyrhizobium japonicum*
- 3.- Inoculado con *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum* spp y *Pseudomonas* spp.
- 4.- Inoculado con *Bradyrhizobium japonicum* y *Bacillus* spp.

Como comentamos *Bradyrhizobium* tiene como principal función fijar nitrógeno, *Azospirillum* spp. es un promotor de crecimiento, pudiendo también aportar pequeñas cantidades de nitrógeno como fijador libre; *Pseudomonas* spp. es una bacteria solubilizadora de fósforo, en tanto que, *Bacillus* spp. es una bacteria que tiene ciertas propiedades como biocontroladora de patógenos, como así también trabaja como promotora de crecimiento.

El ensayo transcurrió sin mayores problemas, tanto de plagas insectiles como fúngicas, el año fue un tanto seco, registrándose entre diciembre y febrero solamente 260 mm.

La cosecha se realizó en forma mecánica. Para cada parcela se recolectaron 9,8 m<sup>2</sup>. El material obtenido se pesó y tomo la humedad a fin de poder calcular los rendimientos a humedad recibo. Gráfico 1.

**Gráfico 1: Rendimiento (kg/ha) a humedad de recibo**



### **Comentarios generales**

La campaña 19/20 fue una buena campaña de soja, sin embargo el agua fue bastante escasa. El lote donde se realizó el ensayo contó

con agua de napa, la cual colaboró en forma muy importante para construir un buen rendimiento. De todos modos, durante enero y parte de febrero, habiendo alcanzado el cultivo una exuberante biomasa, pudo haberse quedado en algún momento con alguna limitante hídrica, esta posible situación, sumada a las temperaturas estivales muy altas, pudieron ocasionar un cierto grado de aborto en las vainas, como así también acelerar la maduración del cultivo, incidiendo de esta manera negativamente sobre el peso de los granos, último componente que hace al rendimiento.

Estadísticamente la variancia no fue significativa, por lo cual no se prosiguió con el test de comparación de medias.

Pese a lo comentado en valores absolutos todos los tratamientos rindieron más que el testigo. Los mejores resultados considerando esto fueron los tratamientos 3 y 4. En el cuadro 1 se observan las diferencias en kg/ha y porcentuales de cada tratamiento respecto al testigo.

**Cuadro 1: Rendimiento (kg/ha) y diferencia sobre el testigo**

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Diferencia sobre el testigo	
		(kg/ha)	(%)
1	4.658	-----	-----
2	4.860	202	4,3
3	5.122	464	10,0
4	5.199	541	11,6

El tratamiento 2, que simboliza a una inoculación clásica, logró un aumento de rendimiento cercano a los 200 kg/ha, algo normal para lo reportado por la bibliografía, cuando se trabaja en un lote con muchos años de soja y con inoculaciones previas. Ahora bien, cuando el *Bradyrhizobium* fue acompañado con otros microorganismos, como es el caso de los tratamientos 3 y 4, el rendimiento crece sustancialmente, representado aumentos entre el 10 y el 11,6 %.

En general, este trabajo demuestra lo conseguido en otras experiencias y es que la coinoculación siempre presenta un efecto

aditivo sobre el rendimiento final. Por otro lado, considerando que el costo del tratamiento involucra solamente al producto extra aportado, dado que el proceso de inocular la semilla se debe realizar igualmente, de esta manera el retorno que presentan los tratamientos coinoculados son sumamente atractivo para el productor agropecuario. A tal efecto se presenta en el cuadro 2 un análisis parcial de la técnica empleada.

**Cuadro 2: Análisis económico parcial**

Tratamien.	Costo extra u\$/ha	Ingreso extra kg/ha	Ingreso extra u\$/ha	Margen práctica u\$/ha
<b>T1</b>	-----	----	----	-----
<b>T2</b>	3,5	202	54,1	50,6
<b>T3</b>	6,0	464	124,3	118,3
<b>T4</b>	5,0	541	144,9	139,9

#### Referencias

**Costo extra:** Precio del producto al público para cubrir 80 kg de semilla, no contempla la aplicación.

**Ingreso extra:** Es la diferencia de rendimiento de cada tratamiento respecto al testigo. En tanto que en valor económico es la valoración del rendimiento extra por el precio libre de gastos de la soja (268 u\$/t).

**Margen de la práctica:** es la diferencia entre el ingreso extra y el costo extra.

Como se puede apreciar en el cuadro 2 los beneficios que se logaran con la coinoculación son sumamente importante. En el caso del T3 obtiene un retorno de 19,7 u\$ por cada dólar invertido, en tanto que, el T4 logra 27,9 u\$ por cada dólar invertido.

De cara al futuro, se presume que la aplicación de productos biológicos en los sistemas intensivos aumentará notablemente. Debe quedar claro que para poder obtener los beneficios que los productos biológicos pueden brindar, se le debe dar a estos un cuidadoso trato en todo momento.



Soja coinoculada mostrando un exuberante crecimiento

**Agradecimiento:** Los autores agradecen a los Hnos. Masacecci y todo su equipo, por la posibilidad de llevar adelante esta experiencia en su establecimiento.