

## Contribución de la inoculación a la producción de Soja en el Centro Oeste de Buenos Aires

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

### Descripción Agroecológica de la zona

La región centro oeste bonaerense abarca una amplia zona productiva de la Argentina. Podemos caracterizarla ubicándola en la parte media de la provincia de Bs. As, limitando hacia el norte con los partidos de Junín, Chacabuco, Gral Pinto, Gral Villegas hacia el sur con Olavarría, Azul, hacia el este con Saladillo, Gral Alvear y Roque Perez y hacia el oeste se extiende hasta el límite con la provincia de La Pampa. La región se caracteriza como una extensa llanura con pendiente de oeste a este y de sur a norte. En general, el paisaje denota lomas, planicies y cordones medanosos cubiertos de sedimentos eólicos. Los suelos predominantes son de textura gruesa, con alto contenido de arena (50 a 70%), siendo mayores estos valores en el oeste y disminuyendo hacia el noroeste. Los suelos pertenecen al tipo de los hapludoles – haplustoles, caracterizados por un desarrollo medio de sus horizontes, con un drenaje rápido y baja capacidad de retención de agua. Hacia el norte del área, los suelos van cambiando en su estructura y textura, comienzan a tener más contenido de limo y arcilla, con mayor cantidad de materia orgánica, comienzan a aparecer suelos caracterizados como arguodoles, los cuales presentan un desarrollo de horizontes más importantes que los anteriores y con una mejor capacidad de retención hídrica.

Las condiciones climáticas del área en estudio es catalogada como de clima templado, con características moderadamente continentales, subhúmedas hacia el este y semiáridas hacia el oeste. En general el régimen hídrico en los últimos 40 años ha variado teniendo una tendencia muy marcada a recibir mayores precipitaciones, la presencia de eventos “El Niño” fueron constantes, permitiendo en varios períodos incrementar sustancialmente las precipitaciones, al punto de originar inundaciones en muchas áreas de la región. En la tabla 1 se presentan los registros pluviométricos de varias localidades de la zona.

Tabla 1: Precipitaciones mensuales (mm) promedio de 35 años (1974-2008) de cinco localidades de la región Centro Oeste Bonaerense

Localidad	Meses												Total
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
G. Viamonte	145	113	136	110	63	32	33	38	55	116	114	111	1.068
9 de Julio	131	114	157	113	62	38	41	38	59	110	106	106	928
Bellocoq	122	94	139	99	49	29	25	32	49	109	98	98	943
G. Villegas	129	98	139	76	42	24	15	22	52	104	99	125	928
T. Lauquen	104	109	101	81	51	35	25	30	50	87	105	100	878

Fuente: Elaboración en base a datos del Servicio Meteorológico Nacional, Ministerio de Asuntos Agrarios de la Pcia. de Buenos Aires e INTA

Pese a esto, en un ciclo húmedo las lluvias igualmente disminuyen de norte a sur y de este a oeste, representando una diferencia en el total anual de aproximadamente 200 mm. Las lluvias están concentradas principalmente en el período primavera – verano, tabla 2, representando las mismas para todos los partidos entre el 67 y el 75 % del total precipitado anualmente

\* Técnico de la AER 9 de Julio - Desarrollo Rural INTA Pergamino

Tabla 2: Precipitación acumulada de octubre a marzo, promedio de 35 años (1974-2008) y porcentual respecto a la precipitación total de cinco partidos del Centro Oeste Bonaerense

Localidad	Lluvias octubre - marzo	Por ciento sobre el total lluvias anuales
G. Viamonte	735	69
9 de Julio	724	67
Belloq	660	70
G. Villegas	694	75
T. Lauquen	603	68

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio Meteorológico Nacional, Ministerio de Asuntos Agrarios de la Pcia. de Bs. As e INTA

Como se aprecia en las tabla 1 y 2, las precipitaciones se concentran mayoritariamente en las épocas primavera estival, pese a esto en muchos años se presentan algunos períodos de estrés hídrico, al extenderse demasiado el tiempo entre dos eventos hídricos. En los últimos años el clima fue muy variable, pasando de las inundaciones en amplias áreas de la zona (última inundación 2001-2002), a una seca muy intensa en la campaña 2008/2009, la cual malogró el rendimiento, tanto de la agricultura como de la ganadería. Como consecuencia de la disminución del régimen hídrico en los últimos 3 años, como así también del momento en el cual se producen las precipitaciones, la napa freática en toda la zona ha disminuido notablemente, a tal punto que de ser una aliada y paliativa compensadora de la falta de precipitaciones, pasó a ser una limitante importante de la producción.

Desde el punto de vista agropecuario la zona también ha variado considerablemente en su estructura productiva, como así también en los productos obtenidos de la misma. En la década del 70 el área en cuestión se caracterizaba por ser ganadera –agrícola. En ganadería predominaba la invernada y en la agricultura cultivos como trigo y maíz en la zona norte y este y trigo y girasol en la zona más oeste. La estructura agraria estaba constituida por propietarios, chacareros, arrendatarios, que trabajaban a porcentaje y estancieros. En los últimos 30 años se fueron produciendo cambios estructurales importantes. Los pequeños productores fueron desapareciendo, en muchos casos conservaron la propiedad de la tierra pero ya no hacen arreglos contractuales a porcentaje sino en pesos o en quintales de un cultivo, generalmente soja. Apareció una nueva figura en el ámbito agropecuario como son los pools de siembra, grandes empresas que siembran importantes superficies, contratistas importantes, etc. La tierra se fue concentrando como así también los cultivos que en la misma se realizan. La soja tuvo una evolución impensada en otras épocas. A nivel nacional fue creciendo durante muchos años a razón de un millón de hectáreas por año, tendencia esta que se manifestó en toda la región pampeana.

Tomando el partido de 9 de Julio en el período 1974-2008, la superficie de soja de primera se incrementó a razón de algo más de 11.000 has/año, en tanto que el rendimiento lo hizo a razón de 56 kg/ha/año. En lo que respecta a la soja de segunda y considerando el mismo período, la superficie decreció a razón de 218 has/año, lo que indica también una disminución de los cultivos de cosecha fina, principalmente trigo y en menor medida cebada. El rendimiento de soja de segunda también creció en este período, a razón de 20 kg/ha/año, esta tendencia aquí manifestada, con pequeñas variaciones, es extrapolable al resto del área.

### **Limitantes productivas del cultivo de soja**

La soja es un cultivo que tiene una amplia adaptación a diferentes ambientes productivos, sin embargo, esto no quiere decir que se puedan alcanzar altos rendimientos en todos los ambientes. La zona estudiada presenta hacia el oeste la presencia en muchos campos con suelos "overos", suelos con presencia de tosca, este impedimento es clave en el desarrollo del cultivo, máxime en aquellos años donde el agua puede ser limitante. Es así que en suelos con tosca a 2 metros o más de profundidad, pueden más que duplicar el rendimiento, cuando se los compara con aquellos suelos que tienen la tosca a 50 cm o menos de profundidad.

El agua, sobre todo la disponibilidad de agua en el momento crítico del cultivo (desde formación de chauchas hasta llenado de granos), es clave para definir altos rendimientos. Cuando hablamos de agua, hablamos tanto de la proveniente de las lluvias durante el ciclo del cultivo, como también de aquella proveniente del ascenso capilar, a causa de una napa freática cercana a la superficie.

La fertilidad que presentan los suelos es otra limitante productiva, si bien la soja no escapa a las generales de la ley de nutrición, tienen algunos atributos que tornan a este cultivo más capacitado que otros para poder tomar algunos nutrientes, por ejemplo nitrógeno y a través de este proceso también pueden capturar fósforo. Principalmente estos nutrientes, junto con otros como el azufre y en menor medida micronutrientes como el cobalto, molibdeno, etc, cuando están en deficiencia, pueden ponerle un freno importante al rendimiento.

La monocultura sojera que se ha dado en gran parte de la región productiva Argentina tampoco es una buena aliada de futuros rendimientos potenciales, al menos así lo atestiguan varios trabajos de investigación. Tomando el área en su conjunto, algo que limitó el rendimiento de la zona en los últimos años, fue la utilización por parte de muchos productores de suelos ganaderos, con poca aptitud para cultivos agrícolas. Mientras las condiciones climáticas acompañaron como así también las económicas (precio de la soja), la ecuación desde el punto de vista de rentabilidad económica, cerraba para muchos productores, pero cuando estos factores comenzaron a flaquear, la rentabilidad no sólo disminuyó, sino que también puso en apuros económicos y financieros a muchos productores de soja que cultivaron en este tipo de campos. Respecto a las buenas rotaciones, es poco lo que podemos decir, dado que las mismas como tal, son limitadas, el hecho de haber sembrado Argentina (2007/2008) con soja el 56 % de la superficie, reflejan claramente lo expresado anteriormente. De todos modos una secuencia de cultivos que se ha popularizado y con buenos resultados es: maíz – soja – trigo/soja. Tomando distintos antecesores, las respuestas productivas de la soja, de mayor a menor rendimiento se obtiene cuando la misma se siembra luego del maíz – verdeo de invierno, pastura, soja.

En los últimos años se ha avanzado considerablemente en varios aspectos que han contribuido a mejorar los rendimientos, entre ellos podemos enumerar a las variedades, fecha de siembra, distancia entre hileras, el control de malezas, la tolerancia a herbicidas, la siembra directa, la inoculación, el control integrado de plagas, el control de enfermedades, la cosecha, etc.

### **Cual es el potencial productivo de la soja en la zona**

El cultivo de soja tiene un potencial de rendimiento muy grande. En el mundo se trabaja en diferentes frentes a efectos de poder cristalizar ese potencial en un rendimiento real. Al respecto, en los últimos 20 años se ha avanzado mucho y seguramente se seguirá avanzando en el futuro. La soja tiene la posibilidad de producir una gran cantidad de flores, según HANSEM y SHIBLES 1978, entre el 40 y 80 % de las flores producidas por la soja, abortan durante la floración o en los primeros estadios del desenvolvimiento. También hay caída o aborto de legumbres todos los años, aunque esto ocurre en una intensidad mucho menor al aborto de flores, Mc BLAIN y HUME, 1981.

De acuerdo a trabajos realizados por Ventimiglia, L, 1996, si ninguna flor y legumbre abortara se podría alcanzar un rendimiento en grano superior a los 20.000 kg/ha, por otro lado, una vez que las flores se transforman en vainas, si ninguna de ellas abortara, se podrán alcanzar rendimientos superiores a los 12.000 kg/ha, determinando que en promedio solo se alcanzó el 30 % del rendimiento del total de flores producidas, estos datos coinciden con los obtenidos con Hanssem y Shibles, 1978.

En la Argentina se realiza desde hace más de una década un concurso Nacional de producción de soja, el mismo presentó rendimientos sumamente elevados, superando la media de los últimos 3 años al promedio nacional (2.600 kg/ha) en 158 %, tabla 3.

Tabla 3: Rendimiento máximo de soja alcanzado en tres campañas en el concurso máximo rendimiento de soja

Campaña	Productor	Patrocinante	Rendimiento kg/ha
2005/2006	Marisa Lopez	Luis Cattaneo	7.128

2006/2007	Jorgelina Dupont	Sergio Rocha	6.457
2007/2008	Carlos Ramos	Rubén Cucagna	6.567

Fuente: BASF-AIAMBA

Por otro lado, Ventimiglia y colaboradores (2008), en la campaña 2006/2007 obtuvo en ensayos de soja sobre un lote con solamente un año de agricultura, rendimiento máximo de 7.402 kg/ha. Esto estaría demostrando que al menos el cultivo está capacitado para alcanzar estas producciones, la conjunción de diferentes factores hace que año a año queden muchas toneladas de producción en el camino, como lo denota el rendimiento promedio que tiene nuestro país.

### **Si capturamos más nitrógeno podremos alcanzar mayores rendimientos**

La planta de soja tiene la particularidad de poder absorber nitrógeno del suelo a partir de nitratos y en menor medida de amonio y también del aire, mediante la fijación biológica de nitrógeno (FBN), proceso por el cual las raíces de la planta forman una simbiosis con una bacteria específica, *Bradyrhizobium japonicum*, pudiendo esta bacteria aportar importantes cantidades de nitrógeno del aire al circuito productivo. Ventimiglia, L, 2005, estimó para la campaña 2004/05 que la FBN aportó desde el punto de vista de nitrógeno, un tercio de la producción que alcanzó la Argentina en esa campaña, (37,4 millones de toneladas), representando para esa época, el nitrógeno fijado transformado en urea con una eficiencia del 100 %, un valor superior a los 720 millones de dólares.

Poder capturar mayor cantidad de nitrógeno, es sinónimo en soja de mayor rendimiento, esta es una especie nitrógeno dependiente. Esto ha llevado a que los Institutos, Facultades, laboratorios, Asociaciones de productores, etc., trabajen constantemente en post de obtener mejores inoculantes, como así también mejores técnicas de inoculación que redunden en una mayor eficiencia del sistema bacteria-planta.

Pese a que está sumamente probada las bondades de la inoculación, no todos los productores sojeros de la zona inoculan, se estima que aproximadamente entre 20 a 30 % de los productores no adicionan inoculantes, limitando de esta manera la capacidad productiva que el cultivo tiene. Por otro lado, considerando aquellos productores que sí inoculan, no todos lo hacen en forma correcta, considerando que hay aproximadamente un 50 % de ellos que comete algún error en alguna etapa del proceso de inoculación, esta situación también ocasiona una pérdida de rendimiento. En general, las respuestas productivas a la inoculación se ubican en promedio en valores cercanos a los 250 kg/ha, hablando siempre de campos con historia sojera, para aquellos campos sin historia de este cultivo, es esperable incrementos de rendimientos superiores a los 500 kg/ha, por el agregado de bacterias específicas.

Uno de los problemas más habituales que se encuentra en el campo, está asociado a la logística y a la técnica de la inoculación. Si bien se ha avanzado considerablemente en este aspecto, haciendo más humana la técnica, al disponerse de máquinas inoculadoras de semilla de gran capacidad, lo rutinario de la misma, el desconocimiento del operario en algunos casos y la desidia en otros, hace que se malogre una técnica muy rentable para el productor agropecuario.

Tratando de buscar alguna solución a la problemática operativa de la inoculación, técnicos de INTA desde hace unos ocho años han ajustado una nueva técnica de inoculación, la cual consiste en chorrear el inoculante diluido en agua en el fondo del surco. Esta nueva técnica, la cual es muy sencilla, le permite al operario realizar un trabajo más rápido y con menor esfuerzo, alcanzando de esta manera, en muchos casos, mejores rendimientos productivos. Entre las ventajas que presenta esta nueva tecnología, se pueden señalar:

- Menor necesidad de mano de obra
- Menor tiempo operativo
- Mayor facilidad para aplicar el inoculante
- Mayor homogeneidad en la distribución del inoculante
- Menor mortandad de bacterias durante la inoculación y en la aplicación del producto
- Mayor carga bacteriana para colonizar raíces

- Menor desecación de las bacterias, con lo cual aumenta la supervivencia
- Las bacterias son expuestas a menores temperaturas, lo cual genera mayor supervivencia
- Menor daño mecánico en la semilla, al no tener que pasar por otra máquina para lograr la inoculación.

La inoculación es una práctica muy valiosa en el cultivo de soja. La misma permite capturar nitrógeno del aire e incorporarlo a la producción. Este plus de nitrógeno que el cultivo recibe incide positivamente en el rendimiento con incrementos promedio entre 10 y 15 %, tabla 4.

Tabla 4: Rendimiento de soja sin inocular e inculada en semilla (método clásico) y chorreado en el fondo del surco en lotes con historia sojera, promedio de 15 ensayos en diferentes campañas

Rendimiento de soja sin inocular -----	3.362 kg/ha
Rendimiento de soja inculada en semilla -----	3.714 kg/ha
Rendimiento de soja chorreado en el fondo del surco -----	3.915 kg/ha

Fuente: Ventimiglia y colaboradores. Resultados promedios de 15 ensayos en diferentes campañas

La diferencia de producción obtenida por inocular la semilla respecto al testigo (352 kg/ha) y de inocular en el fondo del surco (553 kg/ha), torna a la técnica de inoculación de soja como una práctica que permite maximizar la inversión realizada, ya que cada peso que se invirtió en la práctica pudo pagar la inversión y ganar \$ 2,80 y \$ 5,53, para ambas técnicas de inoculación respectivamente, tornando de esta manera a la inoculación como una de las prácticas que más dinero permite obtener por cada peso que en ella se invierte, situación esta muy apreciada en cualquier momento, máxime en situaciones en las cuales la economía se torna difícil.

Siendo la práctica tan rentable y en virtud que las bacterias que se adicionan al suelo tienen que competir con las bacterias naturalizadas por los sitios de infección, se ha venido recomendando en las últimas campañas la utilización de más de una dosis de inoculante, la propuesta fue utilizar 1,5 a 2 dosis, de esta manera se puede competir mejor y lograr una mayor infectividad por las bacterias aportadas con el inoculante, esto permite potenciar el rendimiento de la soja, empleando para tal fin unos pocos pesos más por hectárea, tabla 5.

Tabla 5: Rendimiento de soja (kg/ha) para dos sistemas de inoculación con incremento de dosis de inoculante

Tratamiento	Rendimiento kg/ha	Diferencia s/testigo	
		kg/ha	%
Testigo sin inocular	3.452	---	---
Inoculado semilla 1 dosis	3.852	400	11,5
Inoculado semilla 1,5 dosis	4.012	560	16,2
Inoculado chorreado 1 dosis	3.786	334	9,6
Inoculado chorreado 1,5 dosis	4.178	726	21,0
Inoculado chorreado 2 dosis	4.392	940	27,2

Fuente: Ventimiglia, y Torrens Baudrix 2008

En los últimos años los inoculantes líquidos se han difundido ampliamente, aunque aún persisten inoculantes sólidos formulados principalmente en base a turba. Si bien la recomendación en los marbetes indica que se pueden utilizar directamente sobre la semilla, es más recomendable aplicarlos sobre la semilla pero vehiculizados con algo de agua, método conocido como húmedo. Esta simple adición de agua, además de hidratar a

los microorganismos, permite una mejor distribución del inoculante sobre la semilla, lo que repercute posteriormente en mejores producciones, tabla 6.

Tabla 6: Inoculación de soja empleando método seco y método húmedo con simple y doble dosis de inoculante

Tratamiento	Rendimiento kg/ha	Diferencia s/testigo	
		kg/ha	%
Sin inocular	4.060	---	---
Inoculado método seco 1 dosis	4.477	417	10,2
Inoculado método seco 2 dosis	4.492	432	10,6
Inoculado método húmedo 1 dosis	4.699	639	15,7
Inoculado método húmedo 2 dosis	4.665	605	14,9

Fuente: Ventimiglia, L; Torrens Baudrix, L, 2008

Analizando los métodos de inoculación, considerando el promedio de ambas dosis de inoculante, el método húmedo aventajó al método seco por casi 200 kg/ha.

También en los últimos años a través de trabajos del INTA y la actividad privada, se ha comenzado a difundir la coinoculación en el cultivo de soja. La misma consiste en utilizar además de *Bradyrhizobium japonicum*, otros microorganismos, como por ejemplo *Azospirillum brasilense*. Este último microorganismo es un promotor de crecimiento, permitiendo junto al *Bradyrhizobium*, obtener algunos beneficios adicionales desde el punto de vista productivo, tabla 7.

Tabla 7: Rendimiento de soja (kg/ha) por efecto de la coinoculación

Tratamiento	Rendimiento kg/ha	Diferencia s/testigo	
		kg/ha	%
Testigo	4.372	---	---
Inoculado con <i>Bradyrhizobium</i>	4.626	254	5,8
Inoculado con <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	4.804	432	9,8

Fuente: Ventimiglia, L; Torrens Baudrix, L, 2008

La inoculación en el cultivo de soja es una práctica que nunca debe quedar de lado, ha quedado ampliamente demostrado a través del proyecto inocular, que tal práctica permite obtener en todas las zonas del país, resultados positivos, tanto en campos sin historia sojera, como también en aquellos que llevan varios años con este cultivo e inoculado año tras año. Hay situaciones en los cuales los productores no obtienen los resultados que pretenden obtener, sin embargo esto nunca es atribuible a la técnica en sí y sí a los diferentes factores, algunos manejables por el ser humano y otros ajenos a su voluntad. Entre los principales factores que pueden limitar la fijación biológica podemos mencionar: Utilización de inoculantes de mala calidad, uso de curasemillas nocivos para las bacterias, mala práctica de inoculación; condiciones hídricas durante la siembra y/o ciclo del cultivo; alta disponibilidad de nitrógeno en el suelo al momento de sembrar; carencia de macro, meso y/o micronutrientes; inadecuada fertilización en la línea de siembra; temperatura de suelo, etc.

Si bien es cierto que la fijación biológica no puede por el momento abastecer todo el nitrógeno que anualmente se va con los granos producidos de cada campo, su aporte es sumamente importante. De no ocurrir esto, nuestros campos estarían por estos días mucho más empobrecidos de lo que están, respecto a este nutriente.

Después de lo expuesto, comprendemos que las bacterias fijadoras de nitrógeno son nuestras grandes aliadas y nos pueden ayudar significativamente en la producción de soja.

La correcta inoculación es una práctica agronómica de bajo costo que está disponible para los productores del mundo entero. En nuestro caso, de utilizarla correctamente, no sólo nos permitirá realizar una producción agropecuaria más racional, sino que además aprovecharemos esa enorme fuente de fertilizante nitrogenado que es la atmósfera, de hacerlo así, cuando hablemos de inoculantes e inoculación, no hablaremos nunca de gastos, sino que hablaremos de una excelente inversión.

### **Bibliografía consultada**

- Díaz Zorita, M; Duarte, G, 2004. Manual práctico de la producción de soja. Editorial Hemisferio sur, 230 pag.
- Gonzalez; N,1994. Dinámica de la fijación de nitrógeno en soja, en suelos con alta fertilidad nitrogenada. Tesis de Post grado en Producción Vegetal. Universidad Nacional de Mar del Plata. EEA INTA Balcarce, 62 pag.
- Hansen, W; Shibles, R, 1978. Seasonal log of the flowering and podding activity of field – Brown soybean. Agron. J Madison. V 70, pag 47 – 50.
- Mac Blain, J; Hume, D, 1981. Reproductive abortion yield components and nitrogen content in three early soybean cultivars. Can. J Planta Sci. Ottawa, V. 61, n3, pag 499 – 505-
- Peticari, A, 2003. Inoculación y fijación biológica de nitrógeno en el cultivo de soja. En El libro de la soja. Editado por Emilio Satorre, pag 69 – 76.
- Ventimiglia, L, 1996. Morfogenia e fisiogenia de soja afetada pelo espaçamento entre fileiras e níveis de fósforo no solo. Tesis de Post Grado en Fitotecnia. Universidad Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Brasil, 118 pag.
- Ventimiglia, L, 2005. Mejorando el rendimiento de la soja con la captura de nitrógeno. En Experimentación en campo de productores. Resultados de experiencias, campaña 2004/05. EEA INTA Pergamino, pag 131 – 132.
- Ventimiglia, L; Torrens Baudrix, L, 2008. Inoculación de soja ¿Método seco o método húmedo?. En Experimentación en campo de productores. Resultados de experiencias, campaña 2007/08. EEA INTA Pergamino, pag 155 – 157.
- Ventimiglia, L; Torrens Baudrix, L, 2008. Coinoculación de soja con diferentes métodos. En Experimentación en campo de productores. Resultados de experiencias, campaña 2007/08. EEA INTA Pergamino, pag 163 – 165.
- Ventimiglia, L; Torrens Baudrix, L, 2008. Formas de inoculación y carga bacteriana. En Experimentación en campo de productores. Resultados de experiencias, campaña 2007/08. EEA INTA Pergamino, pag 166 – 168.
- Ventimiglia, L; Camarasa, J; Torrens Baudrix, L, 2008. Inoculación chorreada en el fondo del surco de soja. Equilibrio de dosis según el espaciamento entre hileras. En Experimentación en campo de productores. Resultados de experiencias, campaña 2006/07. EEA INTA Pergamino, pag 181 – 184.