



Foto: Marco Parentelli

# ¿ESTAMOS INOCULANDO BIEN?

## Resultados de la encuesta sobre prácticas de inoculación en soja y su posible vínculo con los bajos niveles de proteína

Ing. Agr. Juan Marco Parentelli<sup>1</sup>,  
Lic. Bioq. PhD Federico Rivas<sup>2</sup>,  
Ing. Agr. Dr. Eduardo Abreo<sup>2</sup>,  
Lic. Bioq. Mag. Claudia Barlocco<sup>2</sup>,  
Ing. Agr. Dr. Sebastián Mazzilli<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sistema Agrícola-Ganadero

<sup>2</sup>Bioinsumos

<sup>3</sup>Director, Sistema Agrícola-Ganadero

Una encuesta a productores agrícolas de distintas zonas de Uruguay permitió identificar fortalezas y debilidades en las prácticas de inoculación de soja, destacándose su posible impacto sobre la nodulación y los bajos niveles de proteína observados en el grano.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el sector agrícola ha manifestado una creciente preocupación por la disminución del contenido de proteína en el grano de soja, un aspecto clave para la calidad y el valor comercial. Este fenómeno se ha asociado a múltiples factores, como las condiciones climáticas, el tipo de suelo y su estado de conservación, el material genético utilizado y las prácticas de manejo agronómico. Entre estas últimas, la calidad del proceso de inoculación de la semilla con bacterias del tipo rizobios aparece como un punto crítico (aunque no el único), ya que de ella depende en gran medida la nodulación y, por tanto, la fijación biológica de nitrógeno (FBN), proceso esencial para el desarrollo del cultivo y la síntesis de proteínas.

En este contexto, desde INIA se llevó adelante una encuesta dirigida a productores agrícolas de diferentes zonas de país, con los objetivos de: i) relevar cómo se está realizando actualmente la inoculación, ii) identificar posibles desviaciones respecto a las recomendaciones técnicas y iii) explorar si ciertas prácticas pudieran estar asociadas a fallas en la nodulación de las plantas.

Este estudio previo se enmarca en el componente 3 del proyecto que se espera ejecutar próximamente, titulado “Factores genéticos, ambientales y de manejo que determinan el nivel de proteína en la soja de Uruguay”, cuyo propósito es profundizar en las causas de la variabilidad en el contenido de proteína y orientar estrategias de mejora a nivel nacional.

**Cuadro 1** - Resumen de las preguntas realizadas a los encuestados y su resultado en porcentaje del área (promedio por productor).

Pregunta	Resultado en % del área (promedio por productor)
Origen de la semilla	
Propia	43
Etiquetada	57
Forma de inoculación	
En el predio	48
Pre-inoculada de forma industrial	51
Chacra con historial soja / sin inoculación	1
Inoculante utilizado	
Turba	15
Líquido	85
Otro	0
Condiciones de almacenamiento del inoculante ¿Toma precauciones para la conservación del inoculante?	
Si	87
No	13
Condiciones de almacenamiento de la semilla	
En galpones	72
En el campo	18
Ambiente controlado (temperatura, humedad)	10
¿Agrega curasemillas o agroquímicos a la semilla inoculada?	
Si	87
No	13
¿Agrega otros productos como bioestimulantes a la semilla inoculada?	
Si	36
No	20
A veces	44
¿Realiza evaluaciones de plantas para chequear la efectividad del proceso de inoculación?	
Si	41
No	59
Si ha tenido problemas en la nodulación ¿Tiene un diagnóstico de la causa?	
Si	16
No	84

## ÁREA RELEVADA Y ORIGEN DE LA SEMILLA

El relevamiento abarcó una superficie total de 73.892 hectáreas y contó con 30 respuestas válidas sobre el total de los encuestados provenientes de diversas zonas agrícolas del país, lo que permitió evaluar una muestra representativa de distintas realidades productivas (Cuadro 1).

En cuanto al origen de la semilla utilizada, se observó un uso combinado entre semilla etiquetada (57 %) y semilla propia (43 %), lo que está en línea con lo reportado por el observatorio de oleaginosos llevado adelante por INIA en conjunto con la Mesa Tecnológica de Oleaginosos (MTO) ([www.mto.org.uy/novedades/actividades](http://www.mto.org.uy/novedades/actividades)). Este dato es relevante, ya que la semilla adquirida pre-inoculada o tratada en origen puede tener condiciones de conservación distintas respecto a la manipulada en el predio, lo que influye directamente en la viabilidad del inoculante y su efectividad.

## TIPO Y FORMA DE INOCULACIÓN

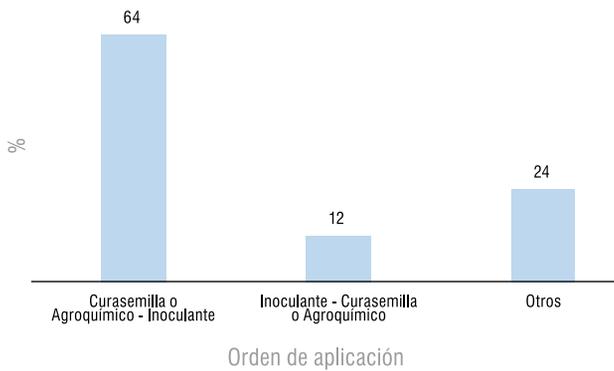
Uno de los aspectos clave relevados en la encuesta fue cómo se realiza la inoculación de la semilla. En promedio, el 51 % del área sembrada por productor corresponde a semilla pre-inoculada de forma industrial, mientras que el 48 % se inocula directamente en el predio. Ambas estrategias están ampliamente adoptadas, aunque la inoculación en campo requiere especial cuidado en el manejo, almacenamiento y aplicación. El tipo de inoculante más utilizado es el líquido (85 %), seguido por la turba (15 %), sin registrarse aplicaciones al surco, en concordancia con la tendencia regional hacia productos de fácil uso y rápida acción.

## CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Previo a la inoculación, es fundamental conservar adecuadamente el inoculante para garantizar la viabilidad de los rizobios. En este sentido, el 87 % de los productores manifestó tomar precauciones básicas para conservar el inoculante (evitando la exposición directa al sol, conservando en galpones frescos, etc.), lo que ayuda a mantener su efectividad.

En cuanto al almacenamiento de la semilla ya inoculada, el 72 % del área promedio por productor se conserva en galpones, práctica generalmente adecuada si se mantienen condiciones de sombra y temperaturas moderadas. Un 18 % se almacena en el campo, lo que representa un riesgo si no hay protección con sombra, y solo un 10 % en ambientes controlados, pese a su

La inoculación está ampliamente adoptada, pero hay fallas frecuentes en su manejo.



**Figura 1** - Porcentaje de encuestados, según el orden de la aplicación del inoculante y curasemillas (u otros agroquímicos).

importancia para preservar la viabilidad del inoculante. Estos resultados muestran que, si bien las prácticas son en general aceptables, aún persisten condiciones que pueden afectar la supervivencia del inoculante y por ende la eficiencia de la FBN.

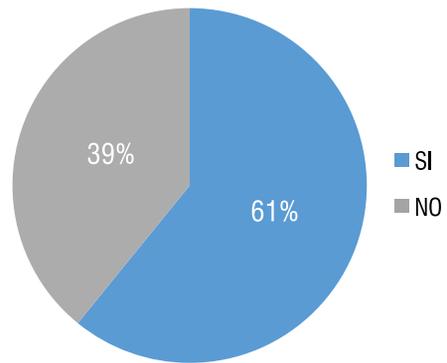
### APLICACIÓN CONJUNTA CON OTROS PRODUCTOS

El proceso de inoculación puede verse comprometido cuando se utilizan fungicidas o insecticidas (curasemillas) u otros agroquímicos incompatibles con los rizobios (Beyhaut y Sicardi, 2013). Según la encuesta, un 64 % de los productores aplica primero los curasemillas y luego el inoculante, otro 12 % lo hace en el orden inverso, mientras que el resto aplica de otras formas: ambos productos en simultáneo, ya sea en compartimentos separados o incluso mezclados (Figura 1).

La combinación de productos puede afectar la viabilidad de los rizobios, por lo que es clave considerar la compatibilidad, el orden y el tiempo entre aplicaciones. Sin embargo, estos aspectos no siempre se manejan adecuadamente en el campo, ya sea por desconocimiento o falta de atención. El orden de aplicación correcto para generar el menor impacto negativo en los rizobios es primero aplicar el o los curasemillas y luego inocular (Campo y Hungría, 2000). Además, se observa un mayor uso de bioestimulantes y productos complementarios, que deben seleccionarse con cuidado para evitar interacciones negativas con los inoculantes y asegurar condiciones favorables para los rizobios.

### TIEMPO TRANSCURRIDO ENTRE INOCULACIÓN Y SIEMBRA

El tiempo entre la inoculación y la siembra es clave para la viabilidad de los rizobios y la efectividad del proceso. Factores como temperaturas elevadas, falta de humedad y la exposición a la radiación solar, reducen drásticamente la supervivencia de estas bacterias. En el caso de semillas pre-inoculadas, este riesgo se incrementa si el intervalo de almacenamiento

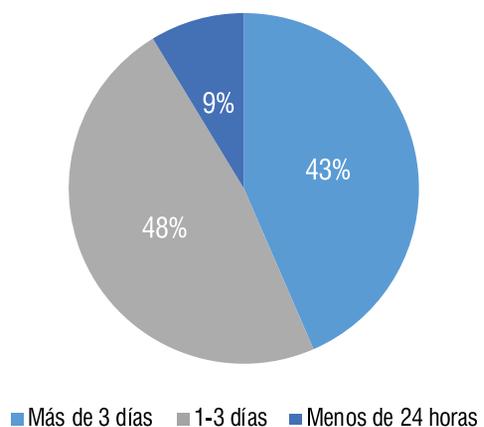


**Figura 2** - Conocimiento del tiempo transcurrido desde la pre-inoculación hasta la llegada al predio.

es prolongado. Aproximadamente un 40 % de los productores encuestados desconocen cuántos días previos al momento de recibir la semilla se llevó a cabo la inoculación (Figura 2). Este es un riesgo importante de pérdida de eficacia en la fijación de nitrógeno, ya que, si el período transcurrido es de varios días, la concentración de rizobios viables sobre la semilla puede no ser suficiente para lograr el nivel FBN esperado.

### Semilla pre-inoculada

En cuanto al período entre la recepción de la semilla pre-inoculada y la siembra, el 48 % del área relevada se sembró entre uno y tres días después, el 43 % luego de más de tres días, y solo el 9 % dentro de las 24 horas posteriores a la recepción (Figura 3). Este dato es relevante ya que, en muchos casos, como se comentó previamente, no se conoce con certeza cuántos días han transcurrido desde la inoculación industrial, lo que implica un riesgo de que la semilla se siembre fuera del período óptimo de efectividad del inoculante. Si a ese tiempo, se le suma lo que transcurre en el predio antes de la siembra, la viabilidad de las bacterias puede reducirse considerablemente.



**Figura 3** - Porcentaje del área según el tiempo transcurrido entre la recepción de la semilla pre-inoculada y la siembra.

El 43 % del área sembrada con semilla pre-inoculada lo hace luego de más de tres días desde la recepción, sin conocer la fecha exacta de inoculación: un riesgo subestimado para la fijación biológica de nitrógeno.

### Inoculación en el predio

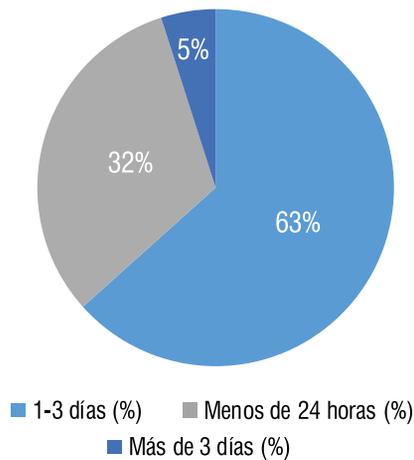
En el caso de la inoculación realizada en el establecimiento (Figura 4), la situación parece ser algo mejor para algunos factores, aunque no exenta de riesgos: el 32 % del área se siembra en menos de 24 horas, lo que se considera ideal. Sin embargo, el 63 % lo hace entre uno y tres días después, un período que puede ser aceptable solo si se asegura un almacenamiento adecuado de la semilla. Un 5 % siembra más allá de los tres días, lo que representa una ventana de mayor riesgo para la viabilidad del inoculante.

Estos resultados indican que, si bien muchos productores están dentro de márgenes aceptables, un manejo deficiente de las condiciones posteriores a la inoculación podría comprometer la efectividad del proceso, especialmente en escenarios de altas temperaturas, desecación y exposición directa al sol.



Foto: Pablo Torres

Semillas de soja inoculadas.



**Figura 4** - Porcentaje del área de siembra según el tiempo transcurrido entre la inoculación en el predio y la siembra.

### EVALUACIÓN DE LA NODULACIÓN EN CAMPO

La evaluación de la nodulación en campo es una práctica fundamental para validar la efectividad del proceso de inoculación y detectar posibles problemas que comprometan la FBN. Esta evaluación implica la extracción de plantas y la inspección visual de las raíces para verificar la presencia, cantidad y actividad de los nódulos.

Un hallazgo relevante fue que casi el 60 % de los encuestados no realiza evaluaciones sistemáticas de nodulación en plantas, por lo que no cuenta con información concreta sobre la efectividad del proceso. Solo una parte reportó haber detectado fallas en la nodulación, y entre las causas mencionadas se destacan: suelos con alto contenido de nitrógeno, condiciones muy secas al momento de la siembra, y compatibilidad limitada con ciertos curasemillas.

La falta de diagnóstico temprano dificulta determinar si la inoculación fue exitosa y/o identificar factores que puedan estar afectando negativamente la nodulación, tales como deficiencias de micronutrientes, compactación del suelo, salinidad o interacciones negativas con agroquímicos.

### COMENTARIOS FINALES

La encuesta confirma una alta adopción de la práctica de inoculación de semillas con bacterias del tipo rizobios. Sin embargo, revela debilidades importantes en el manejo del proceso, como el almacenamiento inadecuado, el tiempo transcurrido desde inoculación a siembra, el uso combinado con otros productos sin un orden de aplicación adecuado, y la falta de

La coexistencia de múltiples productos en el tratamiento de semilla sin un orden técnico claro puede reducir la viabilidad de los rizobios y comprometer el resultado del proceso.

evaluación posterior. Además, sería recomendable incorporar monitoreos de nodulación, capacitar sobre la compatibilidad con ciertos tipos de agroquímicos y ajustar los tiempos de aplicación puede ser clave para mejorar la eficiencia del proceso.

## CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

- La mayoría de los productores adopta la inoculación, con un uso casi equilibrado entre semilla pre-inoculada (51 %) e inoculación en el predio (48 %).
- El uso combinado de curasemillas y otros productos sin un orden de aplicación claro, así como la falta de evaluación de nodulación en campo (reportada por el 60 % de los productores), representan posibles cuellos de botella del proceso.

- El almacenamiento de semilla inoculada en condiciones no óptimas (18 % en campo, solo 10 % en ambiente controlado) y los intervalos prolongados entre inoculación y siembra, son factores de riesgo recurrentes.

- Estos resultados destacan la necesidad de mejorar aspectos puntuales del manejo para asegurar la efectividad de la inoculación y su impacto sobre la Fijación Biológica de Nitrógeno.

- Se requiere más investigación para determinar si hay una relación directa entre las fallas en la inoculación y la caída en los niveles de proteína, pero los datos preliminares indican que es una línea de trabajo relevante.

- Este trabajo es el primer paso hacia un proyecto mayor en el que buscaremos entender e incidir sobre los niveles de proteína en grano de soja a través de mejores prácticas agronómicas.

## BIBLIOGRAFÍA

Beyhaut, E., Sicardi, M. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en soja: Compatibilidad entre curasemillas y rizobios. En Arroz-Soja: Resultados experimentales 2012-2013 (pp. 10-12). INIA. Serie Actividades de Difusión 713. ISSN: 1688-9258.

Campo, R. J., Hungria, M. (2000). Compatibilidades de uso de inoculante e fungicidas no tratamiento de sementes de soja (Circular Técnica N° 26). Embrapa Soja. ISSN: 1516-7860.



Foto: Eduardo Abreo

Cultivo de soja en parcelas.