

-Fijación Biológica de Nitrógeno – Proceso resultante de la interacción entre bacterias del suelo, rizobios y plantas leguminosas.

•La fijación de N_2 se realiza en el nódulo. Los rizobios se transforman en bacteroides para fijar N_2 . Estos poseen la enzima nitrogenasa que es la transforma N_2 en NH_4 . La leghemoglobina que regula la concentración de O_2 en el nódulo.

•El nódulo crece y fija con el aporte de fotosintatos que la entrega la planta vía floema.

Bacterias fijadoras de Nitrógeno en soja

- Fijación Simbiótica de Nitrógeno= interacción legumbre-rizobios.
- Nuevas estructuras=nódulos.
- Las bacterias transforman N_2 en NH_3 .
- El rendimiento de la leguminosa es función directa de la capacidad de acumular N.



Foto 1: Nódulos de soja



Foto 2: Bradyrhizobium japonicum.



¿Qué es un inoculante?

Producto cuyo principio activo es un microorganismo vivo no patógeno de humanos, animales o plantas, ni patógenos oportunistas del hombre, que favorecen la nutrición y/o el desarrollo de las plantas. Excluye los denominados agentes de control biológico, y productos de similar actividad que favorecen la salud de las plantas (Red BIOFAG, 2008).

Este se puede definir como un insumo biológico desarrollado de tal forma que permite contener a los rizobios seleccionadas por capacidad de fijar N_2 en soja, vivos y en condición fisiológica activa hasta su empleo.

Selección de cepas: Las cepas utilizadas para la producción de inoculantes han sido seleccionadas por su capacidad para formar nódulos, (**infectividad**) y para fijar N (**efectividad**), la sobrevivencia en las semillas y en el suelo, la adaptación o tolerancia a situaciones de estrés, la estabilidad genética, como así también es fundamental la capacidad de crecimiento en las condiciones de producción de los inoculantes. Los estudios comienzan en laboratorio y finalizan con ensayos en condiciones de campo en diferentes áreas cultivadas con soja.

Laboratorio



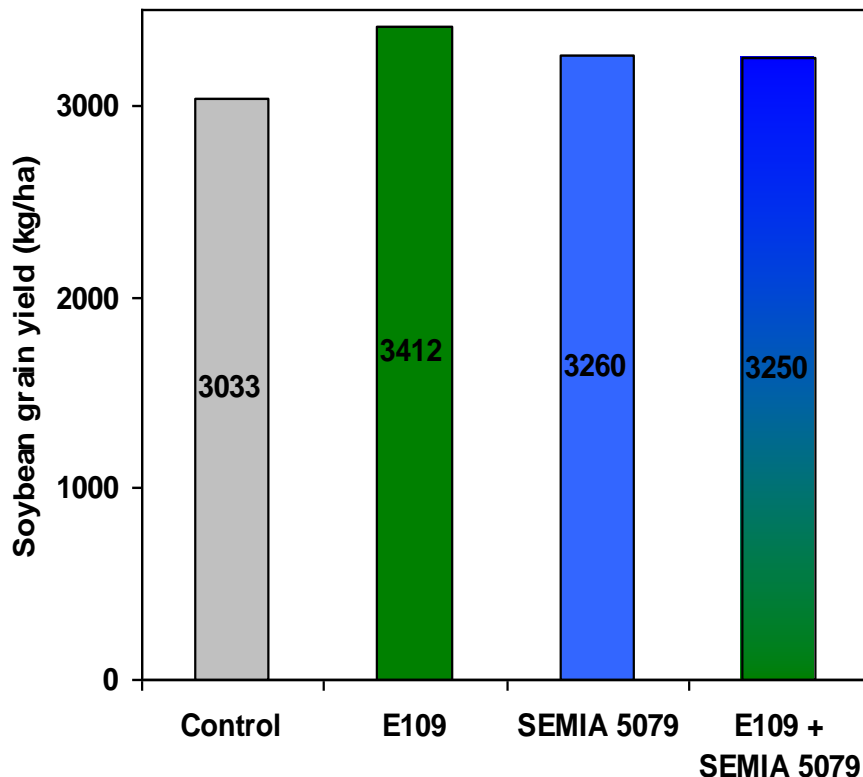
Invernáculo



Campo



- En Argentina dos cepas de *B.japonicum* son empleadas para producción de inoculantes: E109 (USDA 138) y 61A273 (privada).
- INTA continua evaluando nuevas cepas para el desarrollo de inoculantes.



Evaluación en campo de cepas de *B.japonicum* en 15 sitios experimentales (2003-04)

PRODUCTO
INOCULANTE

Cepa eficiente
FORMULACION
CONCENTRACION
CALIDAD METABÓLICA



ENVASADO



ALMACENAMIENTO
TRANSPORTE



DOSIS Y MÉTODO DE
USO

FORMULADO INOCULANTE

**Un inoculante para soja de calidad debe
contener las bacterias ¿Cómo?:**

Viables



Infectivas



Efectivas



Recomendaciones de calidad

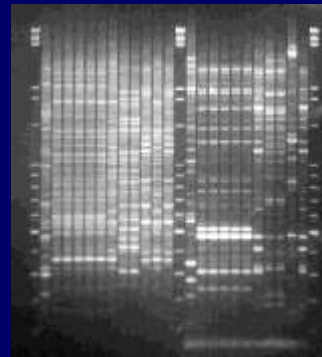


Número en semilla
80000



Nodulación sobre vermiculita
(14 días desde emergencia)
< 80% plantas noduladas

Recuento en placa
 1×10^9 UFC/ml(g)
→ 1×10^8 UFC/ml(g)



Trazabilidad
Identificación de cepas
presentes

Tipos de inoculantes para leguminosas



Tecnología de Producción: Comprende estudios de multiplicación de los rizobios en caldos, la elección de soportes, sistema de envasado, de transporte, de Imacenamiento en comercio y el método de uso por parte del productor.



Tipo de soporte

1. Líquido
2. Sólido

1. Acuosos con turba o sin turba u Oleosos
2. Turba, Dolomita, Vermiculita, Arcillas.

INOCULACIÓN

Con la **inoculación** se logra la incorporación efectiva de un alto número de bacterias del suelo fijadoras de N_2 sobre la superficie de las semillas de soja previo a la siembra de las mismas o al suelo acompañando la siembra. Con el proceso de inoculación se debe lograr que cada semilla contenga una carga de rizobios óptima para una adecuada nódulación.

Este valor es generalmente entre 1-5% hasta 20% del total de ufc aportadas, en los mejores inoculantes a las horas de inoculación . Si la soja requiere 80000 rizobios por semilla para estar más a menos seguro 10 veces más con baja recuperación. Pero si se cambia por ej. de 1 a 10% el nivel de recuperación se cambia todo.

Tipos de tratamientos en semilla



**Método de Inoculación
A la siembra**

Previo a la siembra

**Preinoculación
Inoculante más aditivos**

**TPS: Tratamiento Profesional
de Semillas**

Componentes Inoculante,
Aditivos, Adhesivos, Polímeros,
Colorantes, Fungicidas e
Insecticidas.

Sistema de inoculación contínuos

**Sinfín con protección de plástico o
caucho y con tachos dosificadores**



**Para inocular y embolsar
dosificación homogénea y
elevada capacidad trabajo,
motor eléctrico**

**Sinfín metálico con tacho
dosificador**



**Elevada capacidad trabajo,
dosificación variable, peligro
de roturas de semilla**

Sinfín con protección y con tacho dosificador



**Elevada capacidad trabajo y
dosificación homogénea,
protección de semilla**



Sinfín con cepillos protectores

Ensayo de inoculación en un ambiente sin antecedentes de soja. Inoculante INTA



**Tratamiento
inoculado**

**Tratamiento
sin inocular**

Nodulación deseable para óptima FBN

Ubicación: Mayoría en raíz primaria.

Tamaño: 4-6 mm

Color interno: Rojo

Cantidad: <20% in cuello-raíz primaria menos de 50/plant

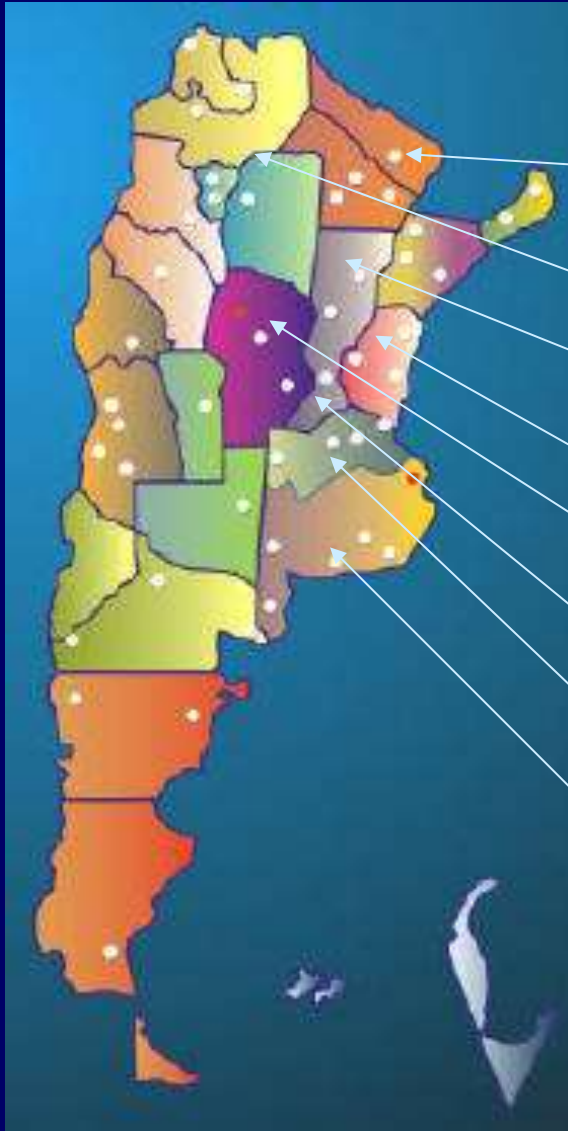
Plantas noduladas: >80%

Peso seco: >300 mg/plant



RESPUESTA A LA INOCULACIÓN EN SUELOS CON HISTORIA DE SOJA

PROYECTO
inocular



NEA: + 500 kg (5 ensayos)

NOA: + 365 kg (26 ensayos)

N SANTA FE: + 240 kg (13 ensayos)

ENTRE RIOS: + 240 kg (9 ensayos)

CORDOBA: + 331 kg (42 ensayos)

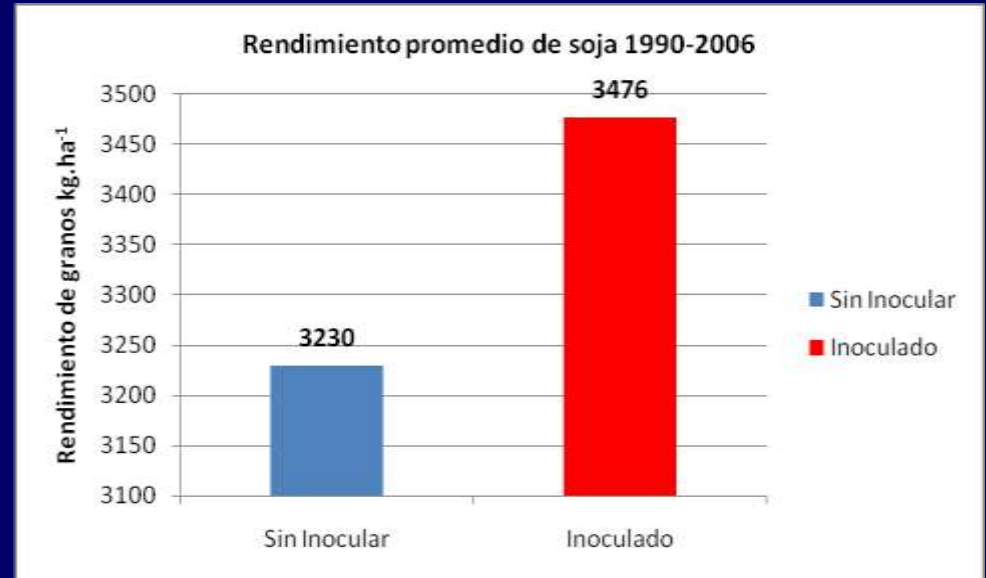
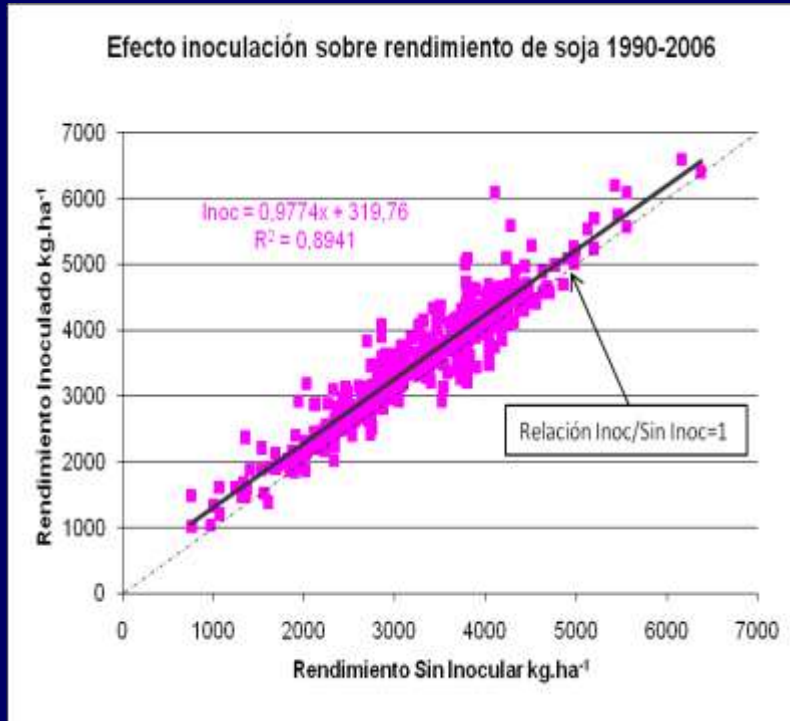
S SANTA FE: +150 kg (40 ensayos)

N BUENOS AIRES: +300 (36 ensayos)

S BUENOS AIRES: + 400 (12 ensayos)

PROYECTO
inocular

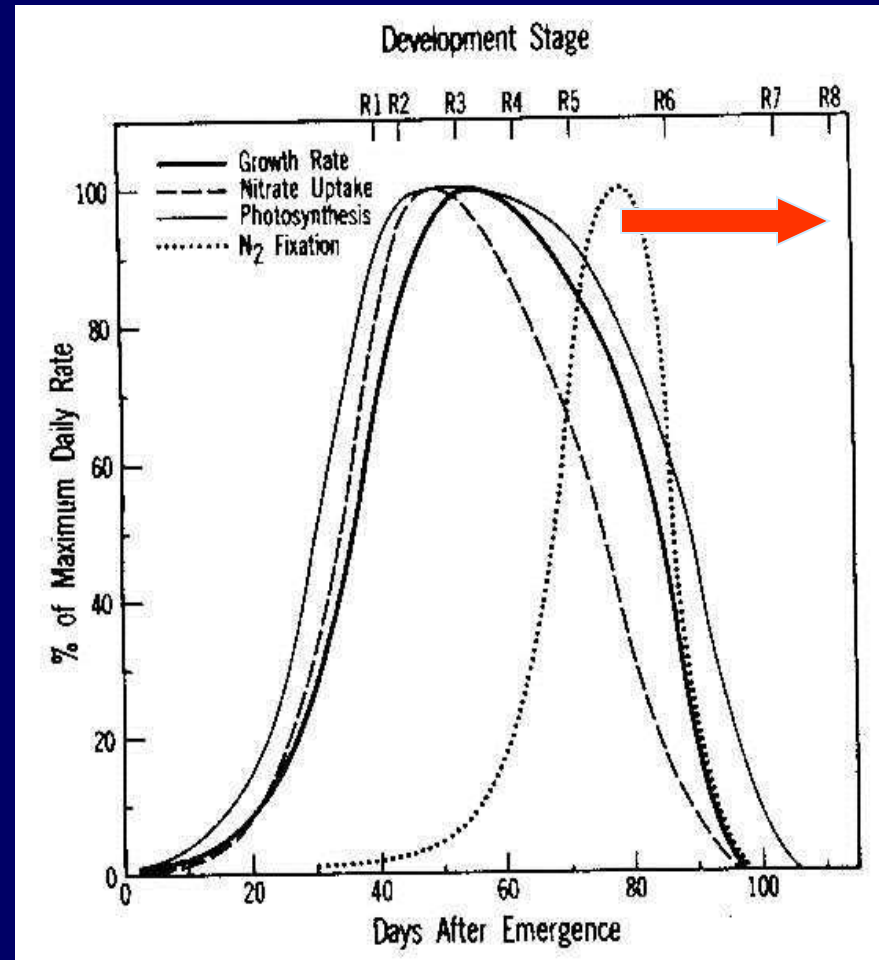
Respuesta a la inoculación en suelos con historia de soja.



Respuesta positiva promedio de la inoculación de 246 kg/ha, equivalentes al 8 % del rendimiento de los cultivos. El porcentaje de casos positivos 80%

FIJACION DE N₂

Comienzo en V2 en forma lenta hasta R3. Desde ahí en adelante se registra la mayor actividad. Picos máximos de actividad se registran en R5-R6. La tasa va de 0.5-1kg N/d hasta 3-5 kgN/d. Si no hay suficiente N en el suelo la actividad aumenta en floración pudiendo decaer más rápidamente. Mayor aporte de fotosintatos podría alargar el período de fijación.

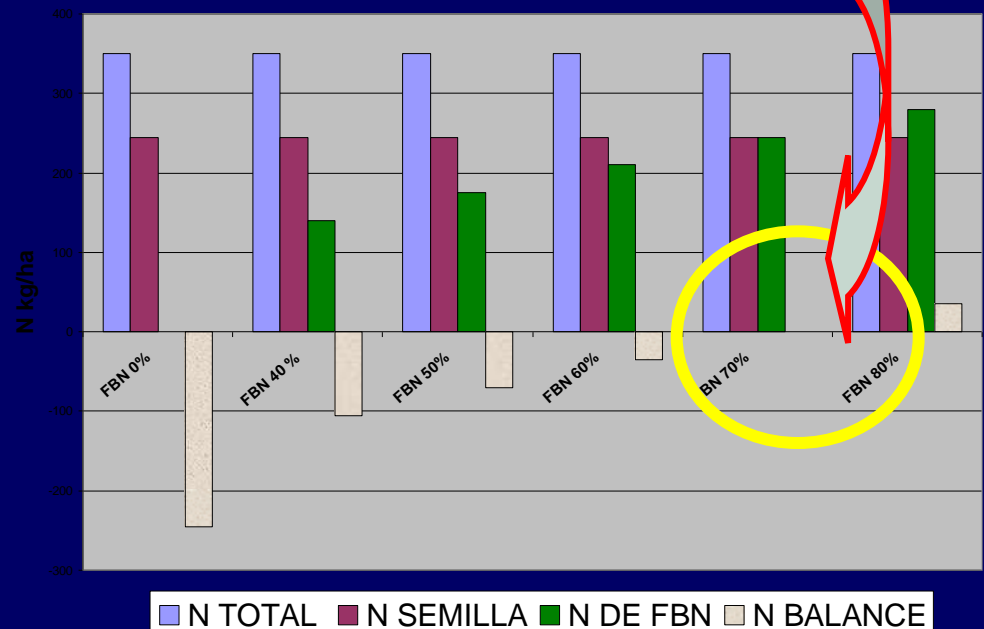


SUSTENTABILIDAD: FIJACION Y BALANCE

	N TOTAL	N SEMILLA	N FBN	N BALANCE
FBN 0%	350	245	0	-245
FBN 40 %	350	245	140	-105
FBN 50%	350	245	175	-70
FBN 60%	350	245	210	-35
FBN 70%	350	245	245	0
FBN 80%	350	245	280	35

SITUACION
EQUILIBRIO

BALANCE DE N CON DISTINTOS NIVELES DE FBN



Summary statistics relative to seed yield, N uptake (between R6-R7) and N derived from biological fixation in a soybean field survey in the soybean production area of Argentina.

	n	Maximum	75%	Mean	25%	Minimum
	Whole data					
Seed yield (kg ha⁻¹)	81	5888	4323	3562	2913	1493
N uptake at R6 (kg ha⁻¹)	80	447	305	256	195	82
N fixation (%)	86	90	71	58	46	12
N fixation (kg ha⁻¹)	80	337	197	153	98	15
	North					
Seed yield (kg ha⁻¹)	13	5076	3670	2942	2215	1600
N uptake at R6 (kg ha⁻¹)	12	447	268	229	170	129
N fixation (%)	13	84	58	52	45	32
N fixation (kg ha⁻¹)	12	255	159	122	85	48

FBN EN ARGENTINA

Variable	Bat (tn/ha)	Nódulos (mg/pl)	Nt (tn/ha)	%FBN	NdFBN (kg/ha)	NS (kg/ha)	RG (tn/ha)
Control	6,95 a	179 a	0,175 a	58 a	111 a	63 a	3,591 a
E109	7,83 b	220 a	0,197 b	62 a	132 b	66 a	3,836 b
Mezcla (50%)	7,43 ab	203 a	0,188 ab	62 a	124 b	64 a	3,780 ab

QUE PASA SI NO SE INOCULA?

Dependemos de las poblaciones naturalizadas de rizobios presentes en el suelo que con frecuencia no son homogéneas en su composición dado las diferentes situaciones de estrés a las que han sido expuestos, como sequías intensas, inundaciones, aplicación de diferentes agroquímicos, altas temperaturas, desecación, etc. En general son muy infectivas con alta capacidad para nodular y por otro lado tienen variado grado de eficiencia para fijar N_2 , encontrándose dentro de la población cepas eficientes hasta incluso cepas ineficientes (parásitas).

- Tanto en aplicaciones de inoculantes al momento de la siembra como anticipadas se recomienda emplear productos de calidad.
- Los aditivos, junto con otros componentes y procesos del sistema, deben permitir la sobrevivencia de los rizobios según los tiempos de antelación a la siembra sugeridos en cada caso.
- Realizar la inoculación a la sombra, con temperaturas moderadas (no mayores a 30°C), empleando máquinas inoculadoras limpias de agrotóxicos no compatibles y con dosificación y mezclado homogéneo sin dañar las semillas durante el tratamiento.
- Las semillas inoculadas (independientemente de cual fuere el momento y sitio de inoculación) contienen organismos vivos y requieren mantenerse en condiciones frescas y ventiladas hasta la siembra.
- Al almacenarlas, entre otras prácticas, considere usar estibas pequeñas, distanciadas de los laterales de los galpones y del techo y con amplios corredores entre estas que permitan la libre circulación del aire.
- También recuerde que el transporte desde el lugar de tratamiento hasta su utilización requiere mantener condiciones equivalentes a las recomendadas para su tratamiento y almacenamiento (no exponer al sol y evitar temperaturas extremas).

LIMITANTES DE LA FIJACION DE

N₂

N: alto N < FSN Bajo N > FSN.

P: En suelos deficientes (<15 ppm) respuesta a la fertilización con P.

Mo: Requerido para FSN, componente de la nitrogenasa en suelos deficientes respuesta a la fertilización. En menor orden **S**, K, etc..Al, Fe, Zn,

pH: Requerido para planta 6-6.5. Debajo de estos valores se menciona respuesta al encalado.

Agua: Simbiosis muy sensible al déficit y al exceso. Puntos críticos cuando comienza de nodulación y en R5-R6. Recomendación nivel hídrico ca CC.

Aireación del suelo: > Aireación>nodulación;>Compactación < nodulación

Agroquímicos: Rizobios sensibles a >Funguicidas < Insecticidas y Herbicidas.

Radiación: No exponer bacterias al sol. >Fotosíntesis>Fijación

CONCLUSIONES

1. La inoculación es una tecnología instalada que valoriza la condición productiva. Es indispensable para alcanzar y sostener altos rendimientos y para llevar al máximo el aporte biológico de N.
2. Se debe enfatizar las BPM del uso y del manejo de los inoculantes en todos los sectores involucrados para aprovechar las ventajas de este insumo biológico.