

Bioestimulantes en el cultivo de soja: ¿verdad o mito?

Pautasso J. M.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Estación Experimental Agropecuaria Paraná,
Agencia de Extensión Diamante

Los bioestimulantes de plantas incluyen diversas sustancias y microorganismos que pueden mejorar el crecimiento de las plantas (no entran en esta categoría microorganismos fijadores de nitrógeno en simbiosis). En los últimos años su utilización ha presentado un crecimiento sostenido, a pesar de contar con pocas evidencias empíricas y/o científicas en condiciones de producción. El presente trabajo resume la información de cinco ciclos agrícolas en los que se evaluaron diferentes productos definidos como bioestimulantes en 15 ensayos en el cultivo de soja.

¿Qué son los bioestimulantes?

Según Calvo et al. (2014) el concepto de bioestimulantes aún está en evolución, principalmente porque existe una gran diversidad de insumos que pueden considerarse bioestimulantes. La amplitud que tiene este término se hace evidente al revisar los conceptos del mismo que realizan los dos consorcios más importantes de la industria de los bioestimulantes que se transcriben a continuación:

- La industria europea de bioestimulantes (EBIC, 2021) los define como “productos que estimulan los procesos naturales en las plantas para mejorar la absorción y eficiencia de nutrientes, la calidad del cultivo y la tolerancia al estrés abiótico, beneficiando tanto el rendimiento como el vigor de la planta. Esto asegura que las plantas presenten mejores condiciones y sean menos vulnerables a plagas y otras amenazas, incluidos los impactos climáticos, pudiendo ayudar a los agricultores a adaptar sus sistemas agrícolas a un clima cada vez más cambiante, mejorando la sostenibilidad de la producción de alimentos”.
- La industria americana de bioestimulantes (Bioestimulant coalition, 2021) establece que son “sustancias beneficiosas e involucran aditivos biológicos o de origen natural y/o productos similares, incluidos, entre otros, inoculantes bacterianos o microbianos, materiales bioquímicos, aminoácidos, ácidos húmicos y fúlvicos, extractos de algas y otros materiales similares”.

Para caracterizar la diversidad de productos denominados como bioestimulantes el presente artículo tomó en cuenta los trabajos de du Jardin (2012), Calvo et al. (2014) y Van Oosten et al. (2017).

Dichos autores definen clases, que no son excluyentes ni estrictamente opuestas unas de otras y se pueden agrupar de la siguiente manera:

1. Inoculantes microbianos: se clasifican como agentes de control biológico (también llamados “biopesticidas”) o biofertilizantes e incluyen principalmente bacterias de vida libre, hongos y hongos micorrízicos arbusculares que se aislaron de una variedad de entornos, incluido el suelo, plantas, residuos vegetales, agua y compost. Algunos inoculantes microbianos pueden sintetizar y modificar el nivel de las hormonas vegetales (como auxinas, citoquininas, giberelinas y etileno), estas hormonas vegetales regulan múltiples procesos fisiológicos que derivan en una promoción del crecimiento que se ha relacionado en algunos casos con una mayor absorción de nutrientes y un mejor estado nutricional de las plantas. Los hongos micorrízicos pueden mejorar la absorción de agua y la nutrición (especialmente del fósforo).

2. Ácidos húmicos y fúlvicos: son compuestos heterogéneos, producto final de la descomposición microbiana y de la degradación química de la biota muerta del suelo. Entre esos compuestos heterogéneos hay minerales, hormonas de crecimiento y aminoácidos que pueden dar condiciones beneficiosas para las plantas y adaptación al estrés por un mayor crecimiento de las raíces, entre otros efectos.

3. Proteínas hidrolizadas y aminoácidos: consisten en una mezcla de péptidos y aminoácidos de origen animal o vegetal. Su aplicación incrementa la actividad de diversas enzimas de los cultivos involucradas en el metabolismo del carbono y del nitrógeno y de la asimilación del nitrógeno. Los hidrolizados de proteínas y aminoácidos específicos (como la prolina, la betaína, sus derivados y

precursores), pueden estimular el crecimiento e inducir respuestas de defensa de las plantas y aumentar la tolerancia de las plantas a una variedad de estreses abióticos como: salinidad, sequía y temperaturas extremas.

4. Extracto de algas: actúan como quelantes, mejorando la utilización de nutrientes minerales por las plantas y pueden estimular el crecimiento de las raíces. Los efectos bioestimulantes a menudo se han atribuido a la presencia de hormonas de crecimiento de las plantas y compuestos relacionados de bajo peso molecular presentes en los extractos; además contienen moléculas más grandes, incluidos polisacáridos y polifenoles, que pueden mejorar la resistencia al estrés.

Si bien se conocen algunos efectos generales de los bioestimulantes (mejorar la absorción de nutrientes, estimular el crecimiento, mejorar la tolerancia al estrés, etc.) que pueden explicar en parte el incremento en rendimiento de los cultivos, en realidad se sabe muy poco sobre los mecanismos detrás de estos efectos (Van Oosten et al., 2017).

El objetivo general del presente trabajo fue sintetizar los resultados obtenidos en cinco ciclos agrícolas donde se realizaron 15 ensayos en los que se evaluó el efecto de bioestimulantes en el cultivo de soja. Los productos utilizados pertenecieron a alguna de las categorías de bioestimulantes de plantas que surgen de las definiciones y descripciones de bioestimulantes especificadas anteriormente.

¿Cómo se hicieron los ensayos?

El diseño de los ensayos, cuya descripción general se informa parte en la Tabla 1 y parte en la Tabla 2, fue en bloques completos al azar, con diferente número de repeticiones. Al momento de la cosecha se extrajeron muestras del centro de cada parcela y se trillaron con máquina experimental (tamaño de las parcelas 5 surcos por 8 metros de largo; tamaño de las muestras dos surcos por 2 metros de largo). El rendimiento se corrigió a 14,5 % de humedad. De cada parcela se contaron 200 granos para estimar el peso de 1 000 semillas (P1 000) y el número de granos por unidad de superficie se estimó a partir del peso de la muestra trillada y del P1 000. El momento de la aplicación de los bioestimulantes de manera foliar dependió de la recomendación de cada empresa de bioestimulante; algunas se realizaron en estados vegetativos y otras en reproductivo.

Para estudiar la magnitud de la respuesta al agregado de bioestimulantes se realizó la inferencia basada en una muestra a partir del estadístico T de Student, tomando como parámetro de comparación una respuesta igual a 0. Para comparar los datos de rendimiento se realizó un análisis mixto, definiendo como “efecto fijo” y como “efectos aleatorios” los sitios y los bloques dentro de cada sitio. Para el estudio de las respuestas de cada una de las clases de bioestimulantes (inoculantes microbianos – extractos de algas – proteínas hidrolizadas y aminoácidos), se realizó un análisis mixto definiendo como “efecto fijo” la clase de bioestimulante y como “efectos aleatorios” los sitios y los bloques dentro de cada sitio y de igual manera se contrastó el método de aplicación.

Los análisis se realizaron con el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2020).

Tabla 1. Ensayos detallados por ciclo agrícola, clase, método de aplicación de los bioestimulantes y tipo de suelo.

Ensayo	Ciclo agrícola	Clase*	Método de aplicación	Suelo
1	2015/16	Inoculantes microbianos	Semilla / Foliar	Argiudol vértico
2	2016/17	Extracto algas	Foliar	Argiudol ácuico
3	2016/17	Extracto algas	Foliar	Argiudol ácuico
4	2018/19	Proteínas hidrolizadas y aminoácidos	Foliar	Argiudol ácuico
5	2018/19	Proteínas hidrolizadas y aminoácidos	Foliar	Argiudol ácuico
6	2019/20	Proteínas hidrolizadas y aminoácidos / Inoculantes microbianos	Semilla / Foliar	Argiudol vértico
7	2019/20	Proteínas hidrolizadas y aminoácidos	Foliar	Argiudol vértico
8	2019/20	Proteínas hidrolizadas y aminoácidos	Foliar	Argiudol

				vértico
9	2019/20	Proteínas hidrolizadas y aminoácidos / Inoculantes microbianos	Semilla	Argiudol vértico
10	2020/21	Proteínas hidrolizadas y aminoácidos / Inoculantes microbianos	Semilla / Foliar	Argiudol ácuico
11	2020/21	Proteínas hidrolizadas y aminoácidos / Inoculantes microbianos	Semilla / Foliar	Argiudol vértico
12	2020/21	Inoculantes microbianos	Semilla	Argiudol ácuico
13	2020/21	Extracto algas	Foliar	Argiudol ácuico
14	2020/21	Extracto algas	Foliar	Argiudol típico
15	2020/21	Proteínas hidrolizadas y aminoácidos / Inoculantes microbianos	Semilla	Argiudol ácuico

Si bien hubo ensayos con distintas clases de bioestimulantes, en los mismos cada parcela tratada tenía una sola clase.

En la Figura 1 se puede observar la distribución de los ensayos en la provincia de Entre Ríos.



Figura 1. Distribución espacial de los 15 ensayos realizados en el área de influencia de la EEA INTA Paraná.

¿Qué resultados se obtuvieron?

En la Tabla 2 se resumen los datos promedios de rendimiento y respuesta en función del uso de bioestimulantes. Sólo en tres de los 15 ensayos se encontró una respuesta significativa al agregado de productos bioestimulantes.

Tabla 2. Detalle de rendimientos, respuesta y valor de significancia por ensayo en función de la aplicación o no de bioestimulantes.

Ensayo	Repeticiones	Tratamientos con bioestimulantes	Rendimiento (kg ha ⁻¹)		Respuesta Promedio (kg ha ⁻¹)	Significancia (valor p)*
			Tratados	Testigo		
1	5	1	2914	2570	344	0,44
2	3	1	4399	4015	384	0,18
3	3	1	3998	3896	102	0,55
4	2	1	2819	2971	-152	0,77
5	2	3	2756	2924	-169	0,18
6	4	5	1 093	728	365	0,01*
7	3	2	438,5	469	-31	0,55
8	3	2	2047	1859	189	0,11
9	4	5	861	728	133	0,19
10	6	9	2763	2514	249	0,02*
11	4	9	2442	2276	166	0,53
12	4	3	2770	2689	81	0,56
13	3	3	1321	957	364	0,05*
14	3	3	3488	3512	-24	0,91
15	4	9	725	665	60	0,53

*Ensayo con respuesta significativa al agregado de bioestimulantes ($p \leq 0,05$)

El total de parcelas estudiadas fueron 280, con 53 parcelas testigos.

La respuesta al agregado de bioestimulantes fue significativamente distinta de 0 y el valor de respuesta esperado fue de 170 kg ha⁻¹ de soja. Este valor promedio tuvo un intervalo de confianza (95 %) en el rango 120 a 220 kg ha⁻¹ de soja (Tabla 3).

Tabla 3. Prueba T para una media. Valor de la media bajo la hipótesis nula: 0 kg/ha.

Variable	n	Media	LI (95%)	LS (95%)	T	P (Bilateral)
Respuesta	227	170	120	220	6,69	<0,0001

¿La respuesta es diferente para cada clase de bioestimulantes?

La respuesta fue significativamente distinta de 0 para las tres clases evaluadas: inoculantes microbianos – extractos de algas – proteínas hidrolizadas y aminoácidos (Tabla 4).

Tabla 4. Prueba T para cada una de las clases. Valor de la media bajo la hipótesis nula: 0 kg/ha

Variable	n	Media	LI (95%)	LS (95%)	T	p (Bilateral)
Inoculantes microbianos	75	116	30	201	2,71	0,0084
Extracto algas	24	197	45	350	2,68	0,0134
Proteínas hidrolizadas y aminoácidos	128	197	128	266	5,65	<0,0001

En la Figura 2 se observan los promedios calculados en el análisis mixto para comparar tanto la clase de bioestimulante como el método utilizado. No se observaron diferencias significativas en ninguna de las comparaciones.

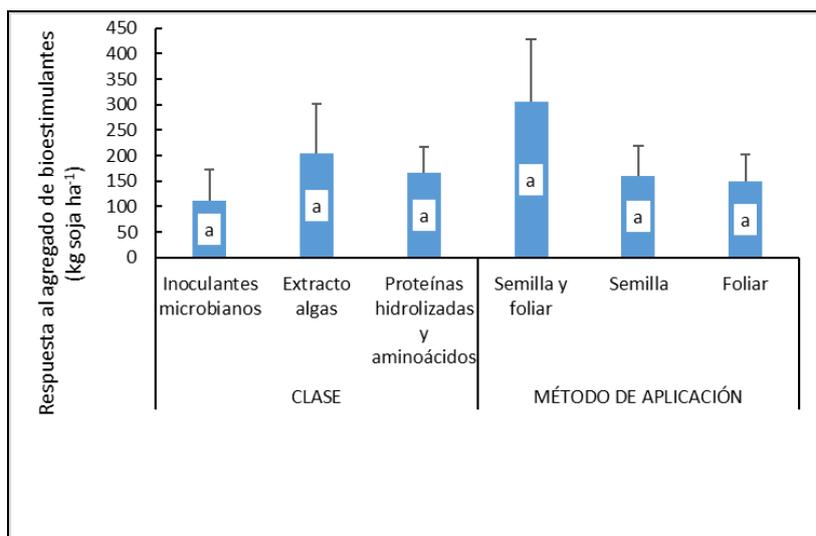


Figura 2. Respuesta de soja al agregado de bioestimulantes en función de la clase y de la ubicación. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Efecto promedio del agregado de bioestimulantes sobre el rendimiento y sus componentes.

El agregado de bioestimulante en el cultivo de soja incrementó el rendimiento de soja (Figura 3) siendo el componente “número de granos por unidad de superficie” el que se incrementó como respuesta al tratamiento, con una diferencia de 109,9 gr m⁻². El uso de bioestimulantes no afectó el peso de los granos (Tablas 5 y 6).

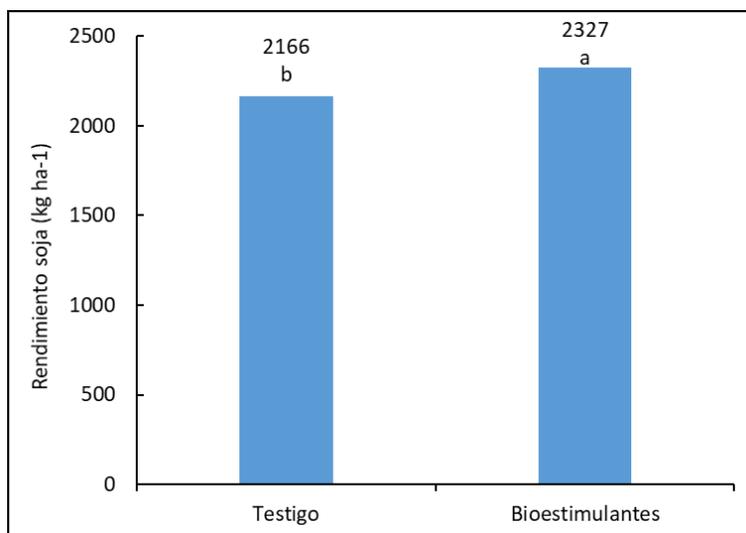


Figura 3. Rendimiento de soja en función al agregado de bioestimulantes. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tabla 5: P_{1000} en función de los tratamientos. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tratamiento	P_{1000}	E.E.
Testigo	142,2 a	8,1
Bioestimulantes	142,8 a	8,0

Tabla 6: Granos por metro cuadrado en función de los tratamientos. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tratamiento	granos m ²		E.E.
Testigo	1560,9	b	271,8
Bioestimulantes	1670,8	a	271,0

Consideraciones finales

El uso de bioestimulantes ofrece resultados promisorios, con incrementos de rendimientos modestos pero significativos entre el 6% y el 10%. Las respuestas encontradas son similares para las distintas clases de bioestimulantes y dicho efecto tampoco es afectado por el método de aplicación (junto a la semilla o al follaje del cultivo).

Una ventaja de estos insumos es poder aplicarlos junto con fitosanitarios (herbicidas, insecticidas y/o fungicidas).

Si bien el mecanismo que explique el incremento medido en rendimiento no está establecido, el efecto del agregado de bioestimulantes se relaciona a un aumento del número de granos por unidad de superficie.

Agradecimientos:

A los productores que facilitaron sus campos y por su colaboración para realizar estos ensayos: Néstor Lell, Andrés Rattero, Alfredo y Francisco Gutiérrez, Mauricio y Andrés Olivero, Cristhian Bergomás, Oscar Larracochea.

A las empresas que apoyan el trabajo de la Agencia y que participaron de esta experiencia: Agroauxine, Yara, Terragene, Rizobacter, Fytec, Nitrap, Bontera, Italpolina y FMC.

Para seguir leyendo...

- BIOSTIMULANT COALITION 2021. What are biostimulants? <http://www.biostimulantcoalition.org/about/>
- CALVO P., NELSON L. and J.W. KLOPPEREVANS 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil 383: 3-41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- EBIC 2021. Plant biostimulants contribute to climate-smart agriculture. European Biostimulants Industry Council. <https://biostimulants.eu/issue/plant-biostimulants-contribute-to-climate-smart-agriculture/> [Verificación: agosto 2021].
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- DU JARDIN P. 2012. The science of plant biostimulants-a bibliographic analysis. Contract 30-CE0455515/00-96, ad hoc Study on bio-stimulants products. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/169257/1/Plant_Biostimulants_final_report_bio_2012_en.pdf [Verificación: agosto 2021].
- VAN OOSTEN M.J., PEPE O. DE PASCALE S., SILLETTI S. and A. MAGGIO 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. Chem. Biol. Technol. Agric. (2017) 4:5.

Para más información:

Pautasso, Juan Manuel.
Tel. +541167946392
Correo: pautasso.juan@inta.gob.ar