

Impacto de un bioestimulante húmico en los rendimientos del arroz: resultados de experimentación en chacras

Ing. Agr. Juan Izquierdo / SEDRA: ecolodger6.wixsite.com/sedra

Dr. Osvin Arriagada / Centro de Estudios de Alimentos Procesados (CEAP): www.ceap.cl

Ing. Agr. Gustavo García-Pintos, Ing. Agr. Martín García-Pintos
e Ing. Agr. Marcelo García-Pintos / BIOCIS: www.promobacter.com

UNA ESTIMACIÓN A PARTIR DE IMÁGENES SATELITALES REVELÓ UN IMPORTANTE AUMENTO DEL ÁREA NACIONAL DE ARROZ EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, ALCANZANDO A MÁS DE 158.000 HA (MGAP-DIEA, 2023). LAS VARIETADES MÁS SEMBRADAS EN LA TEMPORADA 2022-2023 FUERON INIA MERÍN, GURÍ INTA CL, INIA OLIMAR, INOV CL E INIA TACUARÍ CON EL 44, 22, 10, 4 Y 3,5 % DEL ÁREA TOTAL, ALCANZANDO UN RENDIMIENTO PROMEDIO NACIONAL DE 9.577 KG/HA (ALMEIDA Y BICA, ACA 2023).

El potencial de rendimiento de los países productores incluidos en el Atlas Global de la Brecha de Rendimiento (CYGA, www.yieldgap.org) varía de 7 a 16 t/ha en una amplia gama de entornos y sistemas agrícolas (Carracelas et al., 2019). Los rendimientos de arroz en Uruguay están aumentando pero aún no alcanzan el techo del 80% del potencial estimado de 15.757 kg/ha, siendo la brecha de rendimiento de 4.364 y 4.925 kg/ha para las zonas norte y este respectivamente (INIA, 2016 y Carracelas et al., 2019).

Los datos derivados de pruebas en chacras de productores (on-farm research) son importantes para evaluar diferencias en manejo entre regiones o sistemas productivos, y se pueden utilizar para validar nuevas tecnologías, modelos de simulación o determinar la rentabilidad económica de nuevas gestiones. Dentro de este enfoque el diseño más simple y común es comparar una nueva práctica de manejo (por ejemplo densidad de siembra, espacio entre hileras, nuevos tratamientos para plagas, enfermedades u otros insumos) con la práctica estándar de los agricultores (Laurent et al., 2019).

Las nuevas prácticas agrícolas sostenibles se han convertido en un objetivo importante para impulsar la productividad del arroz y salvaguardar el medioambiente. Los bioestimulantes vegetales están ganando interés como productos “verdes” innovadores que podrían fomentar el crecimiento y el rendimiento de los cultivos en condiciones tanto óptimas como subóptimas. Los bioestimulantes vegetales se definen como “cualquier sustancia o microorganismo que cuando se aplican a semillas, sobre las plantas o a la rizósfera, estimulan procesos naturales para mejorar o beneficiar la absorción y eficiencia de nutrientes, la tolerancia a estreses bio y abióticos o el rendimiento y la calidad de los cultivos” (Sible et al., 2021). Con tal finalidad los bioestimulantes húmicos (BH) se han utilizado en aplicaciones simples o múltiples a semillas, suelo u hojas en cultivos hortícolas, pero menos como aplicaciones foliares en cultivos extensivos. Los efectos, hasta ahora medidos por bioensayos, herramientas inmunológicas y genómica molecular en condiciones controladas, son explicados por la biosíntesis de compuestos protectores, atenuando los procesos de oxidación (Yakhin et al., 2017, Fleming et al., 2019).

Las aplicaciones foliares en campo de BH han tenido éxito en inducir mayores rendimientos en trigo (Bezuglova et al., 2019) mientras que en maíz una aplicación en zonas de alto rendimiento del Medio Oeste (EE.UU.) durante cinco años logró aumentar los rendimientos en un 4% (Olk, Dinnes y Callaway, 2022). En soja se obtuvo 16,3% más de rendimiento con una sola aplicación foliar en R3-R4 en 156 chacras de arroz con el mismo BH utilizado

Efecto del bioestimulante en la zona norte

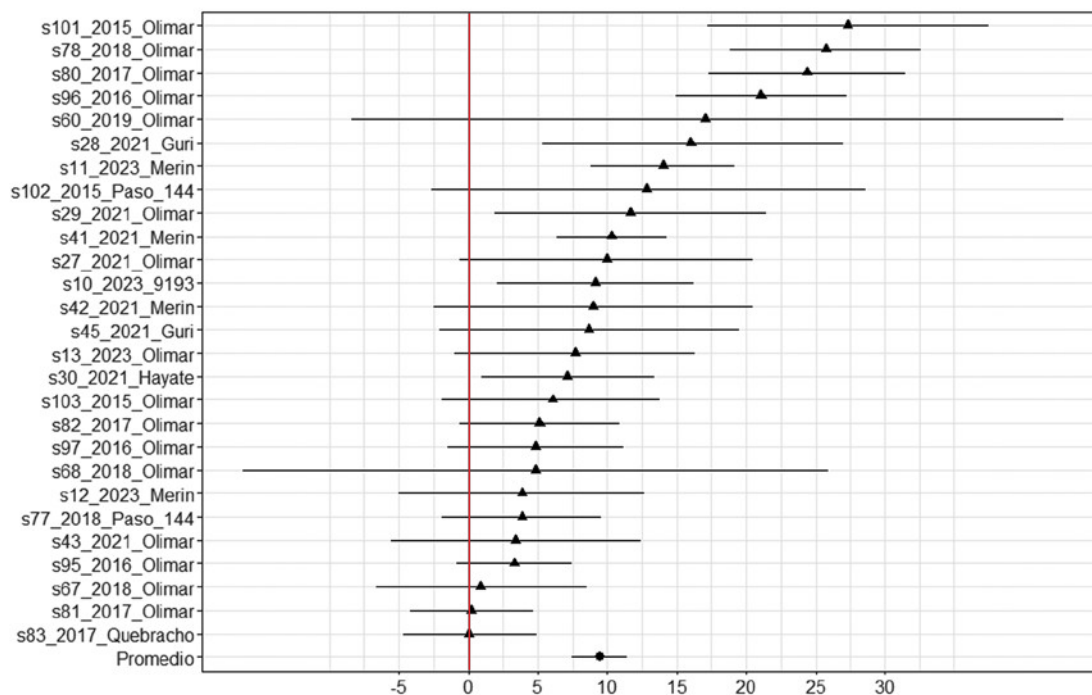


Figura 1 ▲

Respuesta en rendimiento de las variedades al tratamiento con BH en 27 localizaciones de la zona norte durante el periodo 2015-2023.

en este estudio (Izquierdo et al., 2023). Teniendo en cuenta que en arroz el uso de los BH aún no forma parte del manejo agronómico, esta innovación podría ser una práctica adoptable sólo después de una validación a largo plazo a nivel de chacra. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de un BH sobre el rendimiento y los componentes del rendimiento de variedades de arroz en diferentes condiciones de cultivo durante nueve años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Pruebas en chacras. Durante nueve años (de 2015 a 2023), 103 chacras comerciales fueron tratadas por avión con un bioestimulante húmico (BH) en la etapa fenológica del arroz R3 a una dosis de 4 L/ha con un volumen de agua de 15 L/ha. A lo largo del periodo de estudio se instalaron 76 pruebas en chacras de la zona Este y 27 en la Norte. En cada sitio una franja del campo se mantuvo sin aplicación (área control). En la cosecha y utilizando un marco

de hierro de 1 m de lado, se tomaron aleatoriamente de 5 a 15 muestras de las áreas tratadas y de control. Cada muestra abarcaba 5 hileras de plantas. Se registraron los datos de rendimiento (kg/m² ajustado a 14% de humedad), panículas/m², granos/panícula y peso (g) de 1.000 granos.

Fuente del bioestimulante húmico. El BH se obtuvo en el país a partir de residuos de cultivos de trigo y maíz mezclados con estiércol de caballo y vaca, lombricompostados durante seis meses con lombriz de tierra (*Eisenia foetida*). La extracción, estabilización y dilución del BH se realizaron siguiendo métodos agroindustriales bajo licencia y registro de producción. El producto final, Pro-moBacterR (BIOCIS, Mercedes, Uruguay), tiene la siguiente composición: extractos húmicos totales 5,72 % p/v; ácidos húmicos 4,05 % p/v; ácidos fúlvicos 1,22 % p/v; densidad: ~ 0,003 g mL⁻¹; pH 6,8.

Índice de productividad del suelo. Cada sitio de ensayo se asoció con su índice de productividad agrícola con base a los suelos predominantes,

Efecto del bioestimulante en la zona este

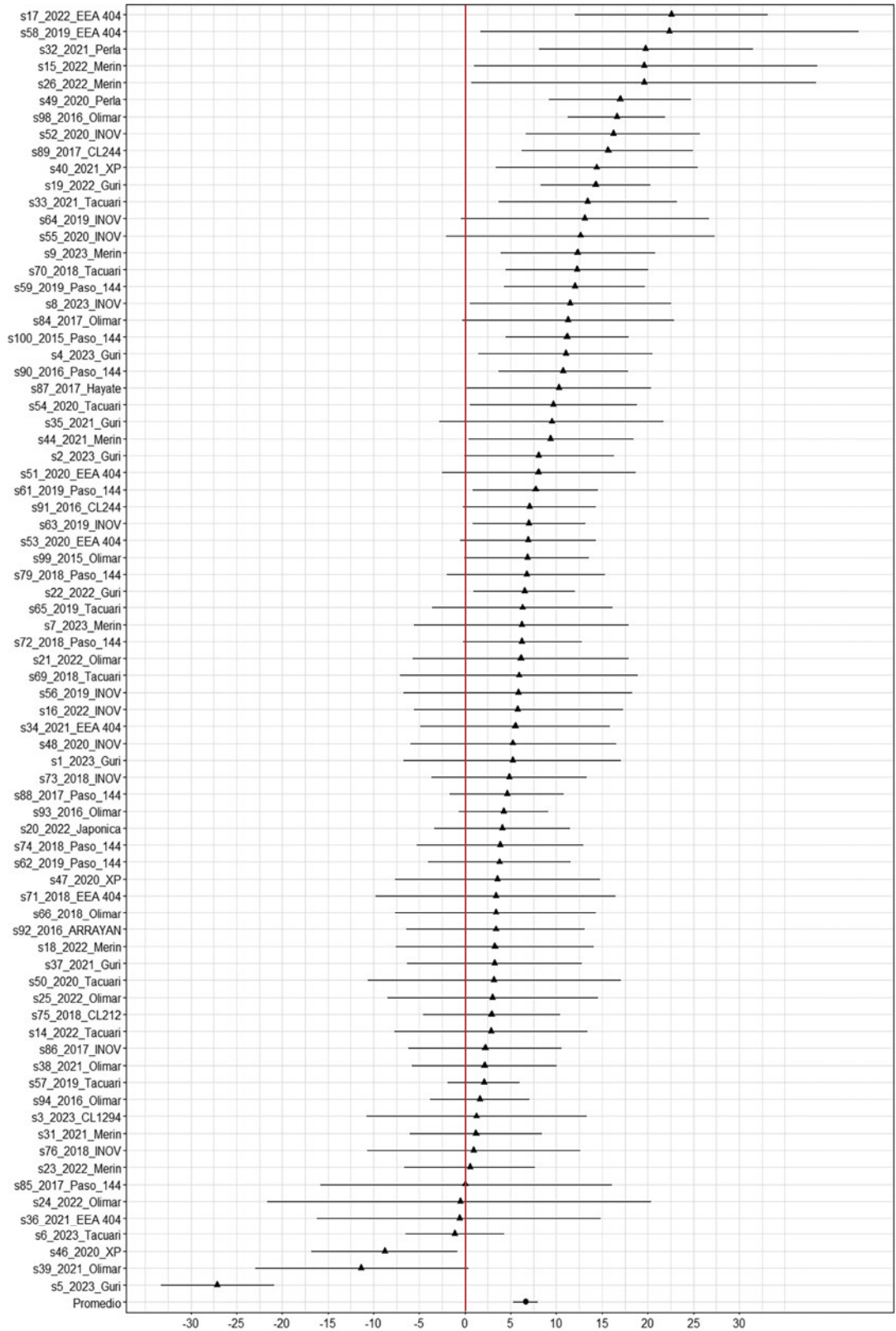


Figura 2 ▲

Respuesta en rendimiento de las variedades al tratamiento con BH en 76 localizaciones de la zona este durante el periodo 2015-2023.

pendiente, material geológico y fertilidad a partir de fotocartografía aérea (escala:1:20.000) de CONEAT ([//www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/tramites-y-servicios/servicios_consulta-coneat](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/tramites-y-servicios/servicios_consulta-coneat)). El índice CONEAT tiene un rango de valor de 0 a 300 (Lanfranco y Fraga, 2011).

Parámetros climáticos. Para cada sitio se obtuvo la heliofanía (h/día) [Ld], radiación (cal/cm2/día) [Rd], días con temperatura mínima igual o inferior a 15°C [T15], días con temperatura máxima igual o superior a 34°C [T34] y las unidades térmicas/día [TU]. TU= (temp. max + temp. min) / 2 -10°C [temperatura base para arroz = 10°C]. Considerando que el período crítico de temperatura fisiológica del arroz se encuentra entre los estados fenológicos R3 y R6, los datos cubren los meses de enero, febrero y marzo de 2015 a 2023, respectivamente. Los datos se obtuvieron de GRAS/INIA [<http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>].

Manejo agronómico. Las prácticas de manejo fueron decididas en cada sitio por los propietarios y administradores de las chacras, incluyendo la variedad, fecha de siembra, dosis de semillas y fertilizantes, riegos, manejo de plagas, control de malezas y prácticas de cosecha, siguiendo en general buenas prácticas agrícolas (ACA, 2018).

Análisis estadístico. Dado que las pruebas no estuvieron ubicadas en las mismas chacras durante todos los años, y que las prácticas de manejo del cultivo y la variedad fueron elegidas y conducidas por el agricultor, se calcularon los tamaños medios de la respuesta al BH para cada sitio sobre el rendimiento y componentes del rendimiento siguiendo la metodología del rango de respuesta para on-farm research (Laurent et al. 2019) y según la ecuación para normalizar los datos y facilitar el análisis estadístico.

Tamaño del efecto = ln (Tratamiento/Control)

En algunos casos los tamaños del efecto se volvieron a transformar en cambio porcentual (%), multiplicando el tamaño del efecto x 100 para facilitar la interpretación. Esta metodología para pruebas en chacra permitió representaciones gráficas de los promedios de respuesta y de los intervalos de confianza de cada prueba, y de las variedades más usadas por los productores en el periodo cubierto por este estudio.

En base a datos del meta-análisis de eficacia de bioestimulantes (Li et al., 2022) se recalculan rangos de respuesta como valores de referencia para una aplicación foliar, dando como resultado

Variedad	Pruebas en chacras	Cambio en el rendimiento %	Intervalo de confianza (95%)
Merín	8	9	4,1 - 13,9
EEA404	7	9,7	3,4 - 16
INOV	11	7,7	4,9 - 10,4
Gurí	8	3,8	-4,5 - 12,2
Tacuarí	9	6	3 - 9
El Paso 144	10	6,6	4,4 - 8,9
Olimar	11	3,9	0 - 7,8

Cuadro 1 ▲
Cambio de rendimiento (%) en respuesta al tratamiento con BH en variedades sembradas por los productores de la zona Este durante el período de estudio (2015-2023).

	Panículas/m ²	Granos/panícula	Peso 1.000 granos (g)
CONTROL			
Panículas/m ²	-		
Granos/panícula	-0,319*	-	
Peso 1.000 granos (g)	-0,404*	-0,212*	-
Rendimiento g/m ²	0,401*	0,521*	-0,046
TRATADO			
Panículas/m ²	-		
Granos/panícula	-0,381*	-	
Peso 1.000 granos (g)	-0,315*	-0,259*	-
Rendimiento g/m ²	0,418*	0,522*	-0,066

Cuadro 2 ▲

Coefficientes de correlación de Pearson entre los componentes del rendimiento de las plantas control y las tratadas con HB a lo largo de años, zonas de producción y genotipos durante el periodo de estudio (2015-2023).

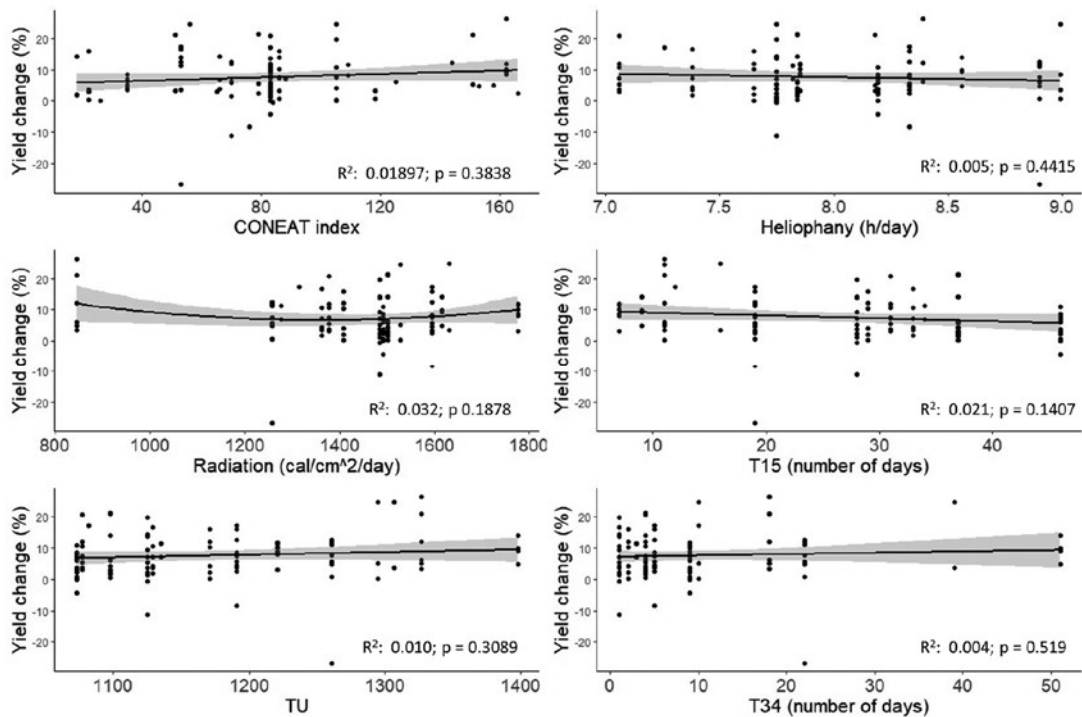


Figura 3 ▲

Regresiones del cambio en rendimiento por el BH (%) al índice CONEAT y a parámetros climáticos en el periodo 2015 a 2023, en las principales zonas de producción y para los genotipos estudiados.

un aumento estimado de rendimiento de 6,16 % para trigo con extractos de algas (EA), hidrolizados de proteínas (HP) y extractos de plantas (EP); 0,33 % en cebada con ácido húmico/fúlvico (AHF); 2,12 % en maíz con HP, EA y AHF; y 14,8 % en soja con AHF y EA. Se utilizó la correlación de Pearson para analizar las relaciones entre los diferentes componentes del rendimiento. Para explorar la relación entre el cambio de rendimiento y las variables ambientales, se realizaron modelos de regresión cuadrática (solo en la variable de radiación) y lineal. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el software Rstudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variación en la efectividad de un bioestimulante en diferentes años, localizaciones y variedades es esperable ya que el arroz responde de manera diferente a las condiciones ambientales. En la zona Norte el promedio de la respuesta al tratamiento en 27 sitios es de 9,46 % con un intervalo de confianza IdC (7,43-11,46) (Figura 1). La variedad INIA Olimar fue la más sembrada con 16 pruebas en chacra, obteniéndose una alta respuesta de 10,48 % IdC 6,48-15,22.

En la zona Este el promedio de respuesta en rendimiento fue menor con 6,66 % e IdC 5,31-7,99 (Figura 2). Pocos casos de resultados adversos se han asociado con la aplicación de bioestimulantes a nivel de campo, generalmente debido a momento de aplicación y concentración incorrectos (de Santiago et al., 2010). En el análisis se consideraron todos los valores atípicos (negativos o positivos) porque representan una fuente importante de variabilidad del rendimiento (Laurent et al. 2019). El cuadro 1 muestra la respuesta en rendimiento en distintas variedades sembradas en la zona Este. En arroz el macollamiento es un componente clave del rendimiento y está condicionado por el suelo, la densidad de plantas, el clima y el genotipo (Adriani et al., 2016).

En nuestro caso el rendimiento se correlacionó positiva y significativamente con el número de panículas/m² y granos/panícula, y estas correlaciones aumentaron ligeramente con el tratamiento (cuadro 2). Los resultados muestran consistentemente que la aplicación foliar de HB causó un aumento en el rendimiento a lo largo de los años y genotipos, y esto concuerda con los resultados de Talha et al., 2020. Los coeficientes *r* para el rendimiento frente a 1.000 granos en peso fueron negativos y muy bajos. El cambio de rendimiento estuvo poco relacionado con el índice CONEAT (figura 3). Asimismo, la respuesta al tratamiento no fue relacionada con las condiciones climáticas, como lo demuestran los bajos y no significativos coeficientes de regresión con los parámetros climáticos. Lo anterior indica un efecto relativamente constante y positivo del bioestimulante, independiente de la ubicación y de las condiciones climáticas y probablemente basado en la respuesta del genotipo.

CONCLUSIONES

El uso del BH apoya la economía circular local al obtenerse a partir de lombricompost y esta tecnología se presenta como una alternativa simple, sustentable, compatible y combinable en los planes normales de aplicación de insumos de protección contra plagas y enfermedades, como alternativa para lograr mejores rendimientos. Los resultados a lo largo de los años, múltiples localizaciones y diversos genotipos en las dos principales áreas productoras de arroz de Uruguay, respaldan el uso generalizado del bioestimulante húmico como complemento al avance de la agricultura arrocera sostenible. Esta tecnología simple puede ayudar a reducir la brecha de rendimiento en Uruguay y en el extranjero. Continuar con la investigación agrícola para aumentar nuestro conocimiento sobre la señalización de genes que se expresan o represan, así como estudiar en condiciones de campo respuestas fisiológicas durante la fase reproductiva del arroz, sin duda nos permitirá avanzar en el conocimiento de las causas de la respuesta al BH.

¡PROMOBACTER
CONQUISTA NUEVOS HORIZONTES!

¡Ya estamos exportando a Brasil!
Prepárese usted también para cosechas más rentables, fuertes y sustentables.

PromoBacter
BIOFERTILIZANTE

EL BIOESTIMULANTE
PIONERO

PromoBacter
PRIMER BIOESTIMULANTE
AUTORIZADO EN URUGUAY

promobacter.com / 099 444 780

BIBLIOGRAFÍA

- Adriani, D.E., Dingkuhn, M., Dardou, A. 2016 Rice panicle plasticity in near-isogenic lines carrying a QTL for larger panicles is genotype and environment dependent. *Rice* 9, 28 (2016). doi.org/10.1186/s12284-016-0101-x
- MGAP-DIEA. 2023. Relevamiento de chacras de arroz-zafra 2022-2023. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/noticias/relevamiento-chacras-arroz-zafra-20222023>
- Almeida, M. y M. E. Bica. 2023. Uruguay: Medalla de oro en producción. Asociación Cultivadores de Arroz. *Revista Arroz* 107:32-35 www.aca.com.uy
- G. Carracelas, N. Guilpart, P. Grassini, G. Zorrilla, K. Cassman. 2019. Potencial y brecha de rendimiento de arroz irrigado en Uruguay y otros países arroceros. In: *Arroz 2019*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Serie Técnica N° 250. Ed. J. Terra; S.Martínez y H. Saravia. doi:10.35676/INIA/ST.250 ISBN: 978-9974-38-430-9
- INIA, 2016. Potencial y brecha de rendimiento de arroz en Uruguay. [//www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10316/1/SAD-51p64-68.pdf](http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10316/1/SAD-51p64-68.pdf)
- Sible, C.N., Seebauer, J.R., Below, F.E. 2021. Plant biostimulants: A categorical review, their implications for row crop production, and relation to soil health indicators. *Agronomy* 11:1297. doi:10.3390/agronomy11071297
- Yakhin, O.I., Lubyanov, A.A., Yakhin, I.A., Brown, P.H. 2017. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*. 7:2049. doi:10.3389/fpls.2016.02049.
- Izquierdo, J., A. Schwember, O. Arriagada, and G. García-Pintos. 2023. On-farm soybean response to a field foliar applied humic biostimulant at differing cropping environments of Uruguay. *Chilean Journal of Agricultural Research* 83 (5): 577-588 doi: 10.4067/S0718-58392023000500577
- Bezuglova, O. S., Gorovtsov, A. V., Polienko, E. A., Zinchenko, V. E., Crinko, A. V., Lykhman, V. A., Demidov, A. 2019. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress. *Journal of Soils and Sediments*. doi:10.1007/s11368-018-02240-z
- Olk, D.C., Dinnes, D.L., and Callaway, C.R. 2022. Maize growth responses to a humic product in Iowa production fields: An extensive approach. *Frontiers in Plant Science*. 12:778603. doi:10.3389/fpls.2021.778603.
- Lanfranco, C.B., Fraga, S.G. 2011. El índice CONEAT como medida de productividad y valor de la tierra. INIA Serie Técnica N° 187. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Montevideo, Uruguay.
- Asociación Cultivadores de Arroz. 2018. Guía de buenas prácticas en el cultivo de arroz en el Uruguay. <https://www.aca.com.uy/wp-content/uploads/2019/04/GBPA-17-de-octubre.pdf>
- Laurent, A., Kyveryga, P., Makowski, D., & Miguez, F. (2019). A framework for visualization and analysis of agronomic field trials from on-farm research networks. *Agronomy Journal*, 111(6), 2712-2723. doi.org/10.2134/agronj2019.02.0135
- Li, J., Van Gerrewey, T., & Geelen, D. (2022). A meta-analysis of biostimulant yield effectiveness in field trials. *Frontiers in Plant Science*, 13, 836702. doi.org/10.3389/fpls.2022.836702
- Talha, I, M.Nada, and Tabl, D. 2020. Enhancement the productivity of some rice varieties by using growth promoter supplement. *Alexandria Science Exchange Journal*, 41(October-December), doi: 1: 10.21608/ASEJAIQJSAE.2020.139370