

Bioestimulación en el cultivo de arroz: innovación para maximizar rendimientos



EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, LA AGRICULTURA HA ENFRENTADO EL DESAFÍO DE ENCONTRAR NUEVAS FORMAS DE MAXIMIZAR LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS DE UNA MANERA SOSTENIBLE. LA BIOESTIMULACIÓN HA SURGIDO COMO UNA TECNOLOGÍA CLAVE PARA LOGRAR ESTE OBJETIVO. BIOCIS, UNA EMPRESA PIONERA EN URUGUAY, HA DESARROLLADO SU LÍNEA DE BIOESTIMULANTES BAJO LA MARCA PROMOBACTER, SIENDO EL PRIMER BIOESTIMULANTE REGISTRADO EN EL PAÍS. ESTE PRODUCTO HA SIDO PROBADO DURANTE MÁS DE DIEZ AÑOS EN CHACRAS COMERCIALES, DEMOSTRANDO SU CAPACIDAD PARA MEJORAR SIGNIFICATIVAMENTE EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS DE ARROZ.

Desde 2004, Biocis ha realizado estudios exhaustivos en campos de arroz para medir el impacto de PromoBacter en las cosechas. Los estudios han incluido la toma de muestras en las chacras, en zonas tratadas y no tratadas. Las muestras se evaluaron buscando las diferencias en el rendimiento y sus componentes, número de panojas, peso de mil granos y cantidad de granos por panoja.

Los estudios no siguieron un diseño experimental formal; se apoyaron en el método de Laurent a través del software InfoStat, para analizar los datos. De esta forma, los resultados obtenidos proporcionan una visión clara del efecto de PromoBacter en condiciones de campo reales. Este enfoque ha

permitido que Biocis recolecte datos a lo largo de varias zafas, generando información valiosa para los productores.

RESULTADOS CLAVE (2015-2024)

Durante un periodo de diez años, desde 2015 hasta 2024, se evaluaron un total de 117 chacras en Uruguay, divididas en dos zonas geográficas: Este y Norte. Los resultados indicaron que el uso de PromoBacter incrementó el rendimiento de las chacras tratadas, con un promedio de 14 bolsas adicionales por hectárea, lo que representa un aumento del 8 % en comparación con las parcelas no tratadas (gráfico N° 1 y cuadro N° 1).

Media histórica (2015-2024) de rendimiento de arroz

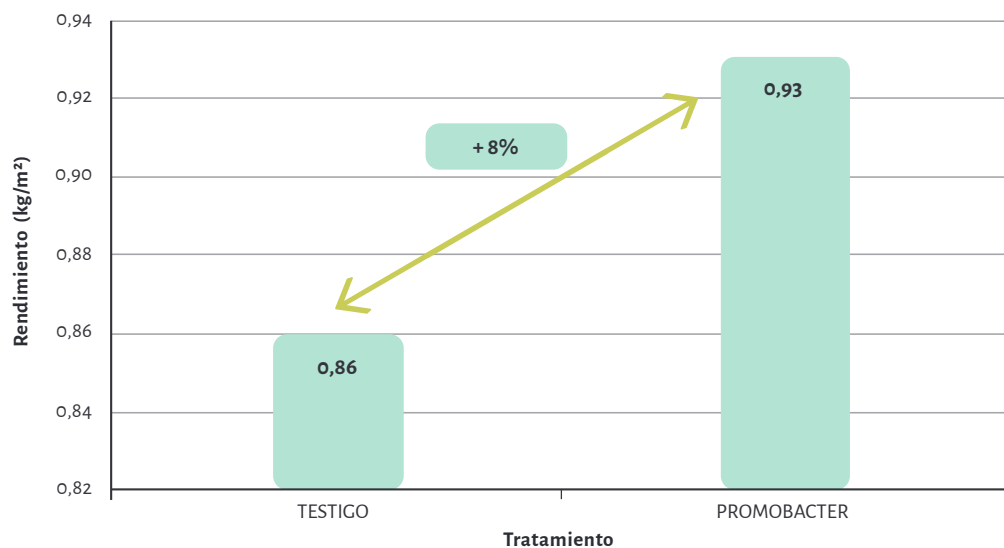


Figura 1 ▲

Respuesta promedio en kg/m² entre testigo y tratado para 10 años.

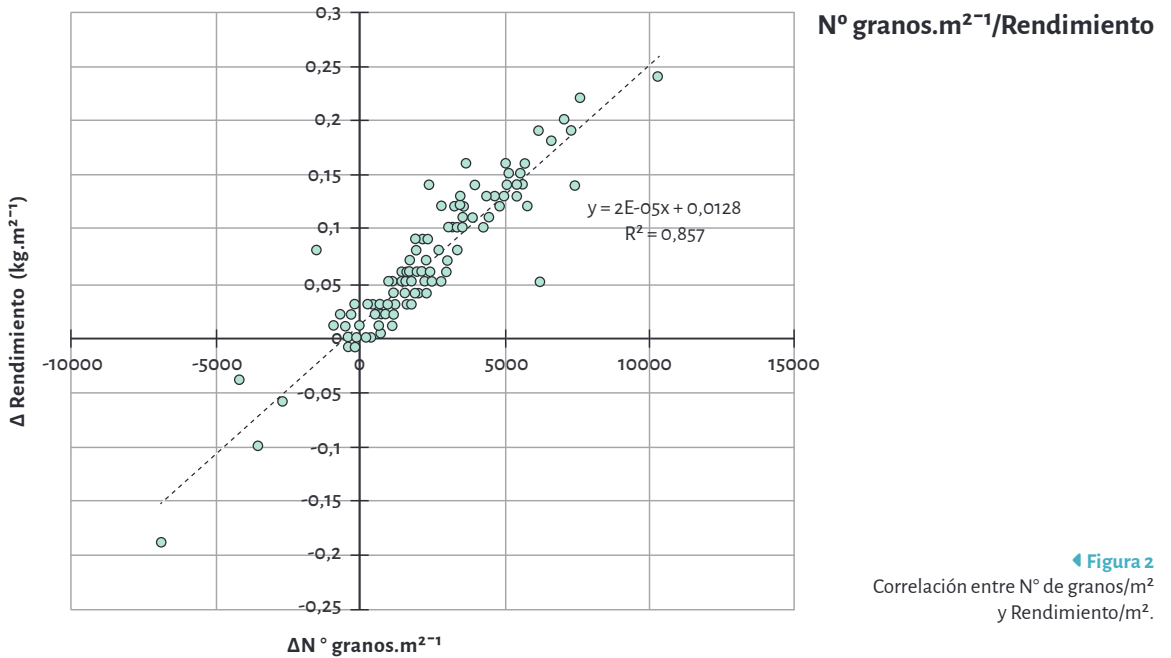
Cuadro 1 ▼

Prueba t de muestras apareadas para la serie histórica de chacras evaluadas y variables explicativas del rendimiento del cultivo de arroz.

Variable	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (Dif)	Media PromoBacter	Media Testigo	DE (Dif)	T	p-valor Bilateral	Dif %
Panojas/m ²	Promobacter	Testigo	117	20,8	420	399,2	36,77	6,12	< 0,0001	5,2%
Rendimiento (kg/m ²)	Promobacter	Testigo	117	0,07	0,93	0,86	0,08	8,62	< 0,0001	8,1%
Peso de mil granos (grs)	Promobacter	Testigo	117	0,06	28,93	28,87	0,85	0,81	0,4190	0,2%
Granos/Panojas	Promobacter	Testigo	117	2,17	79,57	77,39	8,61	2,73	0,0073	2,8%
N° Granos/m ²	Promobacter	Testigo	117	2.333,48	32.901,81	30.568,33	2.938,15	8,59	< 0,0001	7,6%

Uno de los hallazgos más relevantes fue la correlación entre el rendimiento y el número de granos por metro cuadrado, que mostró una relación positiva fuerte (gráfico N° 2). Esto indica que la principal razón detrás del aumento del rendimiento es el mayor número de granos que se desarrollan

en las parcelas tratadas con PromoBacter. Por otro lado, se observó que, aunque el número de panojas por metro cuadrado aumenta, estas tienden a contener menos granos por panoja. Aun así, el incremento total de granos por área es significativo (gráfico N° 3).



◀ **Figura 2**
Correlación entre N° de granos/m² y Rendimiento/m².

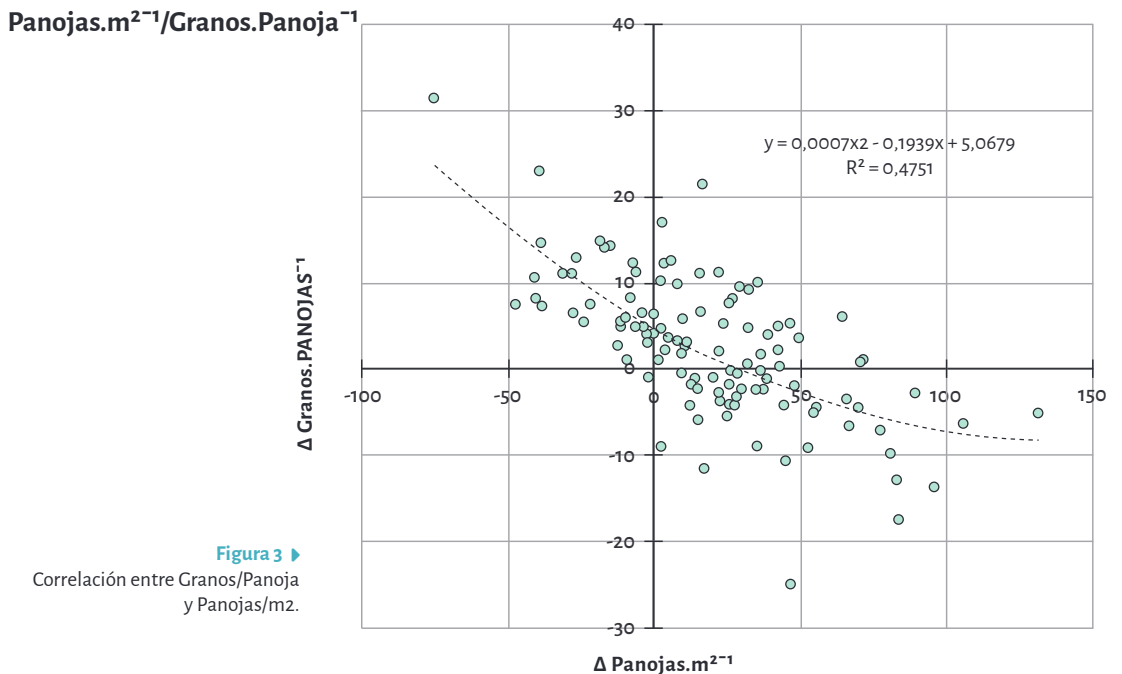


Figura 3 ▶
Correlación entre Granos/Panoja y Panojas/m².

Las diferencias entre las zonas Este y Norte de Uruguay también fueron evaluadas. En términos absolutos, el rendimiento en la zona Norte fue mayor que en el Este, lo que coincide con las condiciones ambientales más favorables y las variedades

de arroz utilizadas en esa región (cuadro N°2 y cuadro N°3). Sin embargo, cuando se compara el porcentaje de aumento en el rendimiento debido a PromoBacter, no se observó una tendencia clara a favor de ninguna de las dos zonas.

ZONA	Tratamiento	Resumen	Rendimiento (kg/m2)	N° Panojas/m2	Peso de mil granos (gr)	N° Granos/Panojas	N° Granos/m2
ESTE	PromoBacter	Media	0,90	413,50	29,40	76,75	31.149,51
	Testigo	Media	0,84	393,63	29,25	75,30	29.247,13
		Dif	0,06	19,87	0,15	1,45	1.902,38
		Dif%	7,1%	5,0%	0,5%	1,9%	6,5%
		p-valor Prueba t	<0,0001	<0,0001	0,2379	0,0264	<0,0001

▲ Cuadro 2
Medida de resumen y prueba t para las variables en el Este.

ZONA	Tratamiento	Resumen	Rendimiento (kg/m2)	N° Panojas/m2	Peso de mil granos (gr)	N° Granos/Panojas	N° Granos/m2
NORTE	PromoBacter	Media	1,02	440,91	27,53	86,08	37.532,23
	Testigo	Media	0,93	417,12	27,58	83,05	34.328,29
		Dif	0,09	23,78	-0,05	3,03	3.203,94
		Dif%	9,3%	5,7%	-0,2%	3,6%	9,3%
		p-valor Prueba t	<0,0001	0,0008	0,6849	0,0684	<0,0001

▲ Cuadro 3
Medida de resumen y prueba t para las variables en el Norte.

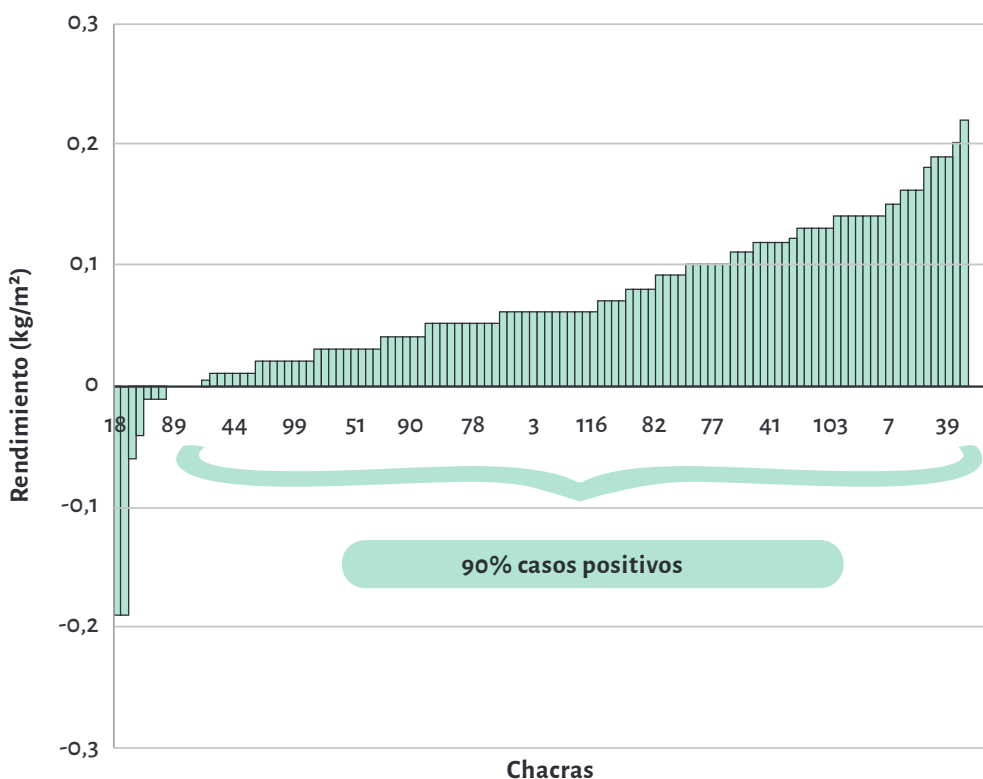
A pesar de estas diferencias, en ambas regiones los ensayos mostraron un efecto positivo significativo del tratamiento con PromoBacter. Esto refuerza la validez del bioestimulante como una herramienta eficaz en distintos contextos agroclimáticos.

IMPACTO DEL TRATAMIENTO A LO LARGO DE LOS AÑOS

Los ensayos históricos de diez años han demostrado que, en un 90 % de los casos (gráfico No. 4), las chacras tratadas con PromoBacter mostraron mejoras en el rendimiento. Estos resultados son consistentes a lo largo del tiempo y confirman la

eficacia del bioestimulante. Sin embargo, es importante destacar que en un 10 % de los casos no se observaron efectos positivos, lo que resalta la necesidad de seguir investigando las condiciones óptimas para su aplicación.

Δ Rendimiento (kg/m²)



▲ Figura 4

Diferencias de rendimiento/m² entre Tratado y Testigo para las 117 chacras evaluadas.

Al analizar los datos de rendimiento año tras año, se observa que el uso de PromoBacter ha resultado en mejoras en todas las zafras evaluadas, con incrementos que van desde un 6 % hasta un 12 % en el rendimiento por hectárea (cuadro No. 4). Esto sugiere que la bioestimulación es una estrategia prometedora para aumentar la productividad de los cultivos de arroz en Uruguay.

Año	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (Dif)	Media PromoBacter	Media Testigo	DE (Dif)	T	p-valor Bilateral	Dif %
2015	PromoBacter	Testigo	5	0,11	0,98	0,87	0,05	4,80	0,0086	12,6%
2016	PromoBacter	Testigo	9	0,08	1,02	0,94	0,06	3,87	0,0048	8,5%
2017	PromoBacter	Testigo	10	0,07	0,98	0,91	0,08	2,86	0,0187	7,6%
2018	PromoBacter	Testigo	14	0,05	0,89	0,84	0,06	2,95	0,0112	6,0%
2019	PromoBacter	Testigo	10	0,07	0,83	0,77	0,03	5,99	0,0002	8,6%
2020	PromoBacter	Testigo	10	0,06	0,84	0,78	0,06	3,07	0,0133	7,8%
2021	PromoBacter	Testigo	19	0,08	1,04	0,96	0,07	4,96	0,0001	7,9%
2022	PromoBacter	Testigo	13	0,07	0,84	0,77	0,07	3,77	0,0027	8,8%
2023	PromoBacter	Testigo	14	0,06	1,01	0,94	0,09	2,57	0,0243	6,8%
2024	PromoBacter	Testigo	13	0,07	0,89	0,82	0,06	4,29	0,0011	8,5%

▲ Cuadro 4

Prueba t de muestras apareadas para cada año evaluado para la variable Rendimiento/m² (kg/m²).

VARIETADES DE ARROZ Y RESPUESTA A PROMOBACTER

El análisis del efecto de PromoBacter en el rendimiento del cultivo de arroz revela diferencias significativas según la variedad utilizada. A lo largo de los estudios, se observaron variaciones en las respuestas a las aplicaciones del bioestimulante dependiendo de la genética y características de cada cultivar. A continuación, se presenta un análisis de las principales variables evaluadas para las variedades con al menos siete repeticiones de datos en los ensayos.

Rendimiento por metro cuadrado según variedad

Para todas las variedades evaluadas, el tratamiento con PromoBacter mostró un efecto significativo en el rendimiento por metro cuadrado, con un p-valor menor a 0,05. La variedad Merín fue la que presentó el mayor porcentaje de respuesta positiva, con un incremento del 11 % en el rendimiento. En contraste, la variedad INOV mostró la menor respuesta, con un aumento del 6,7 % (cuadro No. 5).

▼ Cuadro 5

Prueba t de muestras apareadas según cultivar para el Rendimiento/m².

Variable	Cultivar	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (Dif)	Media PromoBacter	Media Testigo	DE (Dif)	T	p-valor Bilateral	Dif%
Rendimiento/m ²	EEA EEA 404	PromoBacter	Testigo	7	0,06	0,78	0,72	0,05	3,15	0,0198	8,3%
Rendimiento/m ²	Gurí	PromoBacter	Testigo	13	0,07	0,92	0,86	0,08	2,88	0,0139	7,6%
Rendimiento/m ²	INOV	PromoBacter	Testigo	11	0,06	0,94	0,88	0,06	3,40	0,0068	6,7%
Rendimiento/m ²	Merin	PromoBacter	Testigo	16	0,10	1,06	0,95	0,07	6,23	< 0,0001	11,0%
Rendimiento/m ²	Olimar	PromoBacter	Testigo	30	0,07	0,94	0,87	0,08	4,86	< 0,0001	7,7%
Rendimiento/m ²	Paso 144	PromoBacter	Testigo	12	0,07	1,00	0,93	0,04	5,83	0,0001	7,6%
Rendimiento/m ²	Tacuafí	PromoBacter	Testigo	9	0,06	0,89	0,83	0,04	4,75	0,0015	7,1%

Un análisis adicional de la variabilidad de los datos reveló que la variedad Olimar presentó la mayor dispersión en los resultados, mientras que Gurí fue la que mostró una menor variabilidad, lo que sugiere que algunos cultivares responden de manera más uniforme al tratamiento con PromoBacter.

Número de panojas por metro cuadrado según variedad: Al evaluar el efecto de PromoBacter en el número de panojas por metro cuadrado, solo

algunas variedades mostraron una respuesta estadísticamente significativa. Las variedades Gurí, Olimar y Paso 144 presentaron incrementos significativos, con la variedad Gurí a la cabeza, con un aumento del 6,3 % en el número de panojas. Por otro lado, Merín, a pesar de ser una de las más utilizadas actualmente, no presentó un cambio significativo en el número de panojas, aunque su p-valor fue muy cercano al umbral de significancia (cuadro No.6).

Variable	Cultivar	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (Dif)	Media PromoBacter	Media Testigo	DE (Dif)	T	p-valor Bilateral	Dif%
Panojas/m2	EEA 404	PromoBacter	Testigo	7	2,93	302,25	299,33	23,82	0,32	0,7563	1,0%
Panojas/m2	Gurí	PromoBacter	Testigo	13	26,44	445,62	419,18	34,45	2,77	0,0171	6,3%
Panojas/m2	INOV	PromoBacter	Testigo	11	14,87	359,12	344,26	28,15	1,75	0,1103	4,3%
Panojas/m2	Merin	PromoBacter	Testigo	16	29,80	456,61	426,80	57,32	2,08	0,0551	7,0%
Panojas/m2	Olimar	PromoBacter	Testigo	30	13,79	410,78	396,99	35,15	2,15	0,0401	3,5%
Panojas/m2	Paso 144	PromoBacter	Testigo	12	22,95	452,94	429,99	35,62	2,23	0,0473	5,3%
Panojas/m2	Tacuarcí	PromoBacter	Testigo	9	9,64	427,62	417,98	22,17	1,30	0,2286	2,3%

Peso de mil granos según variedad: En cuanto al peso de mil granos, solo la variedad EEA 404 mostró un cambio significativo tras el tratamiento con PromoBacter, aunque en este caso el efecto fue negativo. Para las demás variedades, no se registraron diferencias significativas en esta variable (cuadro No. 7).

▲ Cuadro 6

Prueba t de muestras apareadas según cultivar para panojas/m2.

▼ Cuadro 7

Prueba t de muestras apareadas según cultivar para el peso de mil granos.

Variable	Cultivar	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (Dif)	Media PromoBacter	Media Testigo	DE (Dif)	T	p-valor Bilateral	Dif%
Peso de mil granos	EEA 404	PromoBacter	Testigo	7	-0,94	33,09	34,04	0,98	-2,53	0,0446	-2,8%
Peso de mil granos	Gurí	PromoBacter	Testigo	13	0,30	26,70	26,40	0,64	1,69	0,1164	1,1%
Peso de mil granos	INOV	PromoBacter	Testigo	11	0,31	31,23	30,92	0,96	1,09	0,3020	1,0%
Peso de mil granos	Merin	PromoBacter	Testigo	16	-0,01	27,95	27,95	0,48	-0,06	0,9547	0,0%
Peso de mil granos	Olimar	PromoBacter	Testigo	30	-0,01	27,77	27,78	0,60	-0,07	0,9447	0,0%
Peso de mil granos	Paso 144	PromoBacter	Testigo	12	-0,07	29,66	29,73	0,67	-0,36	0,7262	-0,2%
Peso de mil granos	Tacuarcí	PromoBacter	Testigo	9	0,51	24,20	23,69	1,36	1,13	0,2922	2,2%

Número de granos por panoja según variedad:

Ninguna de las variedades evaluadas mostró un aumento significativo en el número de granos por panoja tras la aplicación de PromoBacter. Sin embargo, es importante señalar que la EEA 404 presentó una tendencia cercana a la significancia, con un incremento de casi el 9 % en el número de

granos por panoja. Este resultado es particularmente relevante, ya que esta variedad tiene poca capacidad macolladora, y un incremento en el número de granos por panoja podría explicar las mejoras en el rendimiento observadas en esta variedad (cuadro No. 8).

Variable	Cultivar	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (Dif)	Media PromoBacter	Media Testigo	DE (Dif)	T	p-valor Bilateral	Dif%
N° Granos/Panoja	EEA 404	PromoBacter	Testigo	7	6,35	78,45	72,10	6,90	2,43	0,0509	8,8%
N° Granos/Panoja	Gurí	PromoBacter	Testigo	13	0,37	79,19	78,82	10,44	0,13	0,9016	0,5%
N° Granos/Panoja	INOV	PromoBacter	Testigo	11	3,47	84,99	81,53	9,48	1,21	0,2531	4,3%
N° Granos/Panoja	Merin	PromoBacter	Testigo	16	4,00	84,99	80,99	8,06	1,98	0,0659	4,9%
N° Granos/Panoja	Olimar	PromoBacter	Testigo	30	3,18	83,69	80,50	9,15	1,90	0,0669	4,0%
N° Granos/Panoja	Paso 144	PromoBacter	Testigo	12	1,82	75,77	73,95	6,68	0,94	0,3654	2,5%
N° Granos/Panoja	Tacuari	PromoBacter	Testigo	9	2,70	87,77	85,07	6,44	1,26	0,2439	3,2%

▲ Cuadro 8

Prueba t de muestras apareadas según cultivar para N° de granos/Panojas.

Número de granos por metro cuadrado según variedad:

Para esta variable, casi todas las variedades evaluadas mostraron un incremento significativo en el número de granos por metro cuadrado con PromoBacter, con excepción de la variedad INOV, que no alcanzó el umbral de significancia. Las variedades que presentaron las

mayores respuestas fueron EEA 404 y Merin, ambas con un aumento del 10,7 % en el número de granos por metro cuadrado (cuadro No. 9).

▼ Cuadro 9

Prueba t de muestras apareadas según cultivar para N° de granos/m2.

Variable	Cultivar	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (Dif)	Media PromoBacter	Media Testigo	DE (Dif)	T	p-valor Bilateral	Dif%
N° Granos/m2	EEA 404	PromoBacter	Testigo	7	2262	23494	21231	1641	3,65	0,0107	10,7%
N° Granos/m2	Gurí	PromoBacter	Testigo	13	2121	34779	32658	2985	2,56	0,0249	6,5%
N° Granos/m2	INOV	PromoBacter	Testigo	11	1563	30222	28659	2431	2,13	0,0588	5,5%
N° Granos/m2	Merin	PromoBacter	Testigo	16	3701	38137	34436	2384	6,21	< 0,0001	10,7%
N° Granos/m2	Olimar	PromoBacter	Testigo	30	2487	33920	31433	2966	4,59	0,0001	7,9%
N° Granos/m2	Paso 144	PromoBacter	Testigo	12	2610	34064	31455	2097	4,31	0,0012	8,3%
N° Granos/m2	Tacuari	PromoBacter	Testigo	9	1804	36949	35144	1883	2,87	0,0207	5,1%

Este hallazgo refuerza la hipótesis de que el número de granos por metro cuadrado es el principal componente que explica el incremento en el rendimiento observado con PromoBacter.

El tratamiento con PromoBacter ha mostrado efectos positivos en la mayoría de las variedades evaluadas, especialmente en términos de rendimiento por metro cuadrado y número de granos por metro cuadrado. Sin embargo, las respuestas varían según la variedad, lo que subraya la importancia de ajustar el manejo del bioestimulante a las características genéticas de cada cultivo. Variedades como Merín y EEA 404 destacan por su alta respuesta en rendimiento, cada una utilizando diferentes mecanismos de mejora: Merín incrementa el número de panojas, mientras que EEA 404 compensa su bajo macollaje con un mayor número de granos por panoja.

CONCLUSIONES

A la luz de los resultados obtenidos, Biocis recomienda incorporar el uso de PromoBacter en las prácticas agrícolas del cultivo de arroz. El análisis de datos durante diez zafas ha demostrado un alto porcentaje de respuestas positivas al tratamiento con bioestimulantes. Si bien existe una pequeña fracción de casos con resultados negativos, el impacto general es favorable.

Es fundamental seguir investigando las respuestas fenotípicas del cultivo para optimizar la aplicación de PromoBacter. El futuro de la bioestimulación está lleno de oportunidades, y los resultados obtenidos hasta ahora posicionan a PromoBacter como una herramienta clave para los productores de arroz que buscan mejorar sus rendimientos de manera sostenible.

El uso de PromoBacter ha demostrado ser una tecnología efectiva para mejorar el rendimiento del cultivo de arroz en Uruguay. A través de un monitoreo constante y análisis detallados, se ha comprobado que la bioestimulación ofrece beneficios significativos, posicionándose como una práctica agrícola que está destinada a crecer en importancia. Biocis continuará desarrollando esta tecnología para asegurar que los productores puedan maximizar los rendimientos de sus cultivos, contribuyendo así al desarrollo sostenible del sector agrícola. ■

