

Aplicación de las estrategias fungicidas mediante una mochila de ensayos con barras.

## Estrategias sostenibles para el control de enfermedades fúngicas en arroz

**Eva Pla,  
Maria del Mar Català,  
Nuria Tomàs,  
Andrea Bertomeu,  
Néstor Pérez**

IRTA- Estación  
Experimental del Ebro,  
Amposta (Tarragona).

La demanda actual por parte de los consumidores de alimentos con niveles bajos de residuos y cultivados respetando el medio ambiente promueve una agricultura más sostenible. Éste es un reto difícil que, de forma indudable, el arrocero va a tener que superar en los próximos años. Una de las causas más importantes de pérdida de cosecha de los campos de arroz del Delta del Ebro es la afectación por enfermedades como la pyriculariosis (*Magnaporthe oryzae*) y la helmintosporiosis (*Bipolaris* spp.). En 2019 y 2020 se realizó un ensayo demostrativo de campo en la Estación Experimental del Ebro donde se estudiaron distintas estrategias de control de estas enfermedades, que contemplaban tanto la aplicación de fungicidas convencionales, como productos que podrían potencialmente mejorar directa o indirectamente el comportamiento y la respuesta frente al agente biótico causante del estrés y posterior reducción en la cosecha, destacando que algunos de estos productos están autorizados en agricultura ecológica. Además, también se evaluó la presencia de residuos en grano. Los resultados indicaron que las estrategias que consiguieron unos mejores resultados fueron las aplicaciones de fungicidas convencionales: "procloraz al 5% de espigado + azoxistrobin y difenoconazol en grano lechoso", y "azoxistrobin y difenoconazol al 5% de espigado". Las materias activas *Bacillus amyloliquefaciens* y boro (B) consiguieron una mejora en la producción, cercanas a las obtenidas con los fungicidas convencionales, y el azufre (S) pareció mostrar una reducción en la aparición de síntomas de helmintosporiosis. Los residuos en grano se detectaron en las estrategias con aplicación de fungicidas convencionales y siempre por debajo del LMR, indicando la obtención de un producto seguro para el consumidor.

Palabras clave: arroz, agronomía, sostenibilidad, enfermedades, pyriculariosis, helmintosporiosis



Una de las causas más importantes de pérdida de cosecha de los campos de arroz en el Delta del Ebro es la afectación por enfermedades como la pyriculariosis (*Magnaporthe oryzae*) y la helmintosporiosis (*Bipolaris* spp.). El desarrollo de estas enfermedades depende, en gran medida, de las condiciones agroclimáticas, de la susceptibilidad de la variedad y también del manejo del cultivo. De forma generalizada, en el Delta es necesario realizar dos aplicaciones fungicidas por campaña. El Servicio de Sanidad Vegetal monitoriza la evolución de las enfermedades en distintos puntos de seguimiento y publica avisos fitosanitarios, indicando al agricultor el momento óptimo de tratamiento y teniendo en cuenta la variedad cultivada, el estadio fenológico y la aparición de síntomas.

La política agraria europea de los próximos años se enmarca dentro del Pacto Verde o Green Deal y uno de sus objetivos es impulsar la producción de alimentos hacia un modelo más sostenible, reduciendo el impacto ambiental y a la vez incentivando la agricultura ecológica. Existen evidencias de que la reducción del uso de plaguicidas no solo es posible dentro del contexto de la producción agrícola convencional, sino que contribuye paralelamente a un impacto positivo tanto económico, social y medio ambiental (Neumeister, 2007).

El uso de productos fitosanitarios en el cultivo del arroz resulta, en muchas ocasiones, esencial para que éste sea viable y rentable para el agricultor, ya que se trata de un cultivo que puede ver reducida su producción de forma importante debido a la afectación por enfermedades, plagas y malas hierbas. Conseguir un producto cultivado de forma sostenible es un reto difícil que, de forma indudable, el arrocero va a tener que superar en los próximos años. En este sentido, cabe destacar que un cultivo sostenible contempla una optimización de todos los recursos agronómicos implicados, empezando por la elección de la variedad, continuando con un abonado adaptado al tipo de suelo y, por último, con una aplicación de fitosanitarios de forma racional, al momento adecuado y cuando es necesario.



Imagen 1. Foto aérea de la ubicación del ensayo, en la Estación Experimental del Ebro.



Imagen 2. Valoración de la afectación por enfermedades fúngicas en panícula.

ESTRATEGIA/MATERIA ACTIVA	MOMENTOS DE APLICACIÓN										
	INICIO AHIJADO (BBCH 21)	FINAL AHIJADO (BBCH 29)	INICIO PANÍCULA (BBCH 30)	ALARGAMIENTO ENTRENUDOS (BBCH 34)	HINCHAMIENTO DE LA PANÍCULA (BBCH 43)	5 % ESPIGADO (BBCH 51)	70% ESPIGADO (BBCH 57)	100% ESPIGADO (BBCH 59)	FLORACIÓN (BBCH 61)	GRANO LECHOSO (BBCH 73)	GRANO PASTOSO (BBCH 83)
Testigo no tratado											
[Procloraz (P)]+[Azoxistrobin + Difenconazol (A+D)]						P				A+D	
Procloraz (2020)											
Azoxistrobin + Difenconazol (2020)											
Trifloxistrobin											
Cobre (Cu)											
Boro (B)											
Nitrógeno + Fósforo + Potasio + Zinc (N + P + K + Zn)											
Calcio + Sílice (Ca + Si)											
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>											
Nitrógeno (N) + aminoácidos											
Azufre (S)											
Sílice (Si)											
Sílice + Potasio (Si + K)											

Tabla 1. Estrategias estudiadas en los años 2019 y 2020 indicando la materia activa y los momentos de aplicación. Estadios fenológicos del arroz descritos según escala extendida BBCH (Lancashire y col., 2001). Las estrategias sombreadas indican materias activas autorizadas en agricultura ecológica.

El arroz es de primordial importancia para la alimentación humana, a la que se dedica el 95% de la producción, siendo básico en la dieta de más de la mitad de la población mundial, especialmente en países subdesarrollados o en vías de desarrollo. De acuerdo a los datos ofrecidos por el índice de confiabilidad del consumidor del Barómetro del Clima de la Confianza Agroalimentaria, se revela que el consumidor actual confía en los alimentos que consume. De hecho, más del 70% de los consumidores manifiesta tener mucha confianza en lo relativo al consumo de alimentos. Además, en la actualidad existe un aumento en la demanda de alimentos con bajo nivel de residuos y cultivados de forma respetuosa con el medio ambiente.

Por todo ello, el IRTA, en la Estación Experimental del Ebro, planteó la realización de un ensayo demostrativo de campo con los siguientes objetivos: mostrar las distintas estrategias disponibles en el control de enfermedades fúngicas del cultivo del arroz, dando respuesta a las necesidades actuales del agricultor, y

Estrategia	Severidad parcela (%)		Incidencia (%)	
	2019	2020	2019	2020
Testigo no tratado	0,61	2,00 abc	32,33	100,00
Procloraz (5 % espigado) / Azoxistrobin + Difenconazol (grano lechoso)	0,57	2,25 ab	29,51	100,00
Trifloxistrobin (5% espigado)	0,54	1,75 bc	30,69	100,00
Cu	0,69	1,75 bc	34,84	100,00
B	0,56	2,00 abc	30,17	100,00
N, P, K, Zn	0,54	2,25 ab	30,75	100,00
Ca, Si	0,62	2,75 a	35,14	100,00
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,59	2,25 ab	30,43	100,00
N, aminoácidos	0,63	1,75 bc	34,04	100,00
S	0,46	1,25 c	24,76	100,00
Si	0,65	2,00 abc	32,37	100,00
Si, K	0,59	1,75 bc	30,00	100,00
Azoxistrobin + Difenconazol (5% espigado)	.	2,00 abc	.	100,00
Procloraz (5% espigado)	.	1,50 bc	.	100,00
<b>Media</b>	<b>0,59</b>	<b>1,95</b>	<b>31,25</b>	<b>100,00</b>
<b>N.S. (%)</b>	<b>ns</b>	<b>0,98</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

Tabla 2. Nivel de helmintosporiosis (*Bipolaris* spp.) en panícula en el estadio de grano pastoso (BBCH 83) según estrategia, en los años 2019 y 2020. Severidad parcela (%): afectación en panícula general de la parcela. Incidencia (%): nº de panículas afectadas respecto al total. La ausencia de letras o la misma letra indica que no existen diferencias significativas según el test de Duncan al 5% de significación. N.S. (nivel de significación), n.s. (no significativo).



minimizar los residuos de fungicidas en grano, con el fin de garantizar una óptima calidad y seguridad alimentaria del arroz.

Este trabajo fue financiado en el marco de las ayudas a las actividades de demostración del Plan de Desarrollo Rural de Cataluña y cofinanciado por el Fondo Europeo Agrícola (Operación 01.02.01 del PDR 2014-2020), en coordinación con el Servicio de Sanidad Vegetal (SSV) de Les Terres de l'Ebre, dada su amplia experiencia en enfermedades del arroz.

### Material y métodos

El ensayo de campo se realizó en la Estación Experimental del Ebro durante los años 2019 y 2020. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela tuvo una superficie de 32 m<sup>2</sup> el año 2019 y de 15,2 m<sup>2</sup> el año 2020. Se estudiaron doce y catorce estrategias en los años 2019 y 2020 respectivamente, incluyendo un testigo sin tratar (Tabla 1). El manejo del cultivo fue el habitual en el delta del Ebro. Se sembró la variedad JSendra, por ser la más representativa de la zona, a una dosis de 500 semillas viables/m<sup>2</sup>. La fertilización se adaptó a las necesidades del cultivo y teniendo en cuenta el análisis de suelo: en total, se aplicaron 190 kg N/ha, 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 23 kg K<sub>2</sub>O/ha. El suelo donde se realizó el ensayo presentó una textura franco arcillo limosa y la conductividad eléctrica del extracto 1:5 fue de 1,02 dS/m.

Las estrategias a estudiar se eligieron conjuntamente con los técnicos del Servicio de Sanidad Vegetal de Les Terres del Ebre.

La mayoría de trabajos de campo se realizó de forma manual, ya que el tamaño de las parcelas así lo requería. La aplicación de los productos se realizó mediante una mochila de pulverización con barras para ensayos (Pulmic Pegasus). Durante todo el cultivo se realizó un seguimiento agronómico exhaustivo de cada parcela, valorando la densidad de planta, la altura, la densidad de panículas, el desarrollo fenológico, el nivel de enfermedades, el índice NDVI, el nivel de senescencia, el rendimiento en grano y el rendimiento en molino. Para valorar el nivel de enfermeda-



Imagen 3. Detalle de las parcelas del ensayo donde se aprecia una senescencia más tardía del cultivo en determinadas estrategias estudiadas.

ESTRATEGIA/MATERIA ACTIVA (MOMENTO APLICACIÓN)	CANTIDAD DETECTADA EN ARROZ CON CASCARA (mg/kg)	
	2019	2020
<b>Procloraz</b> (5 % espigado) <b>Azoxistrobin + Difenconazol</b> (grano lechoso)	Azoxistrobina 0,11 (LMR=5) Difenconazol 0,18 (LMR=3)	Procloraz: 0,021 (LMR=0,03) Azoxistrobina: 0,350 (LMR=5) Difenconazol: 0,540 (LMR=3)
<b>Procloraz</b> (5 % espigado)	-	Procloraz: 0,019 (LMR=0,03)
<b>Azoxistrobin + Difenconazol</b> (5 % espigado)	-	Azoxistrobina: 0,013 (LMR=5)
<b>Trifloxistrobin</b> (5 % espigado)	<LC	Trifloxistrobina: 0,012 (LMR=3)
<b>Cu</b>	<LC	<LC
<b>B</b>	<LC	<LC
<b>N + P + K + Zn</b>	<LC	<LC
<b>Ca + Si</b>	<LC	<LC
<b>Bacillus amyloliquefanciens</b>	<LC	<LC
<b>N + aminoácidos</b>	<LC	<LC
<b>S</b>	<LC	<LC
<b>Si</b>	<LC	<LC
<b>Si + K</b>	<LC	<LC

Tabla 3. Residuos detectados en arroz con cáscara (mg/kg) en los dos años de ensayo, 2019 y 2020. Menú analítico incluye el análisis de > 450 materias activas. LC: Límite de Cuantificación, LMR: Límite Máximo de Residuo.





matholding group



**IQV Agro España**

*Productos Top  
por su imagen, formulación y prestigio*

**[www.iqvagro.es](http://www.iqvagro.es)**



*Compartiendo la pasión por la tierra*

des se determinó la severidad en hoja y panícula (porcentaje de área afectada) y la incidencia en panícula (número de panículas afectadas respecto el total) en distintos momentos fenológicos. Además, se calculó la severidad en panícula de la parcela, que hace referencia al porcentaje de afectación de las panículas de la parcela en general.

En el estadio fenológico de grano duro se evaluó el índice NDVI, con el medidor Greenseeker y el nivel de senescencia mediante la escala Standard Evaluation System for Rice (SES): 1. Tardío y lento (las hojas presentan un color verde natural), 5. Intermedio (las hojas superiores muestran un color amarillo), 9. Temprano y rápido (todas las hojas muestran un color amarillo o están muertas).

Una vez alcanzada la maduración completa, se cosechó cada parcela de forma individual mediante una cosechadora de ensayos y se determinó el rendimiento en grano de cada parcela y el grado de humedad. Para valorar el nivel de residuos en grano se envió una muestra de arroz cáscara representativa de cada estrategia a un laboratorio externo para realizar un análisis multi-residuos de pesticidas.

## Resultados y discusión

De forma general, el nivel de enfermedades fúngicas fue superior en 2020 que en 2019, lo que seguramente influyó en que en 2019 no se establecieron diferencias estadísticamente significativas entre las estrategias evaluadas: la incidencia máxima por pyriculariosis en panícula fue de 17,4% en 2019 *versus* 53,5% en 2020, y la severidad máxima de 1,5% en 2019 y de 29,8% en 2020 (Gráficos 1 y 2). Las estrategias que destacaron significativamente en 2020 fueron las aplicaciones de fungicidas convencionales: la menor incidencia y severidad en panícula se obtuvo con la aplicación de procloraz al 5% de espigado + azoxistrobin y difenoconazol en grano lechoso, seguida de la aplicación de azoxistrobin y difenoconazol al 5% de espigado. El resto de estrategias no se diferenciaron del testigo sin tratar.

En cuanto al control de helmintosporiosis, los resultados parecen indicar

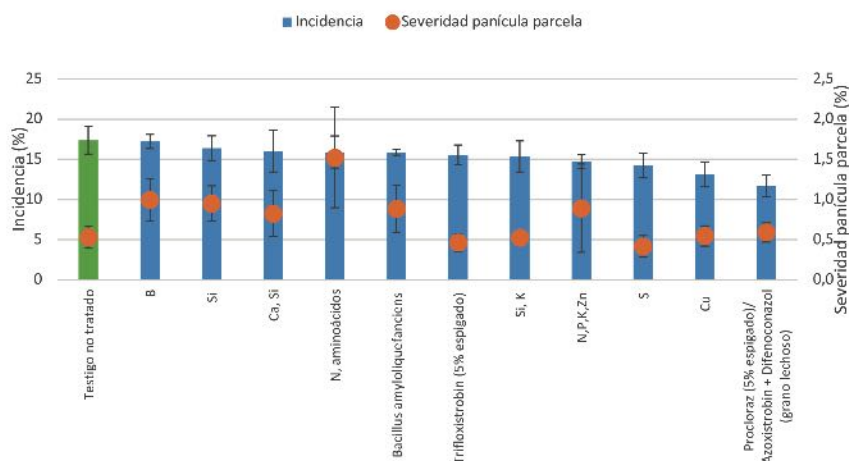


Gráfico 1. Nivel de pyriculariosis en panícula en el estadio de grano duro (BBCH 89). Año 2019. Incidencia (%): nº de panículas afectadas respecto el total. Severidad parcela (%): afectación en panícula general de la parcela. Las barras representan el error estándar. La ausencia de letras o la misma letra sobre las series indica que no existen diferencias significativas según el test de Duncan al 5% de significación.

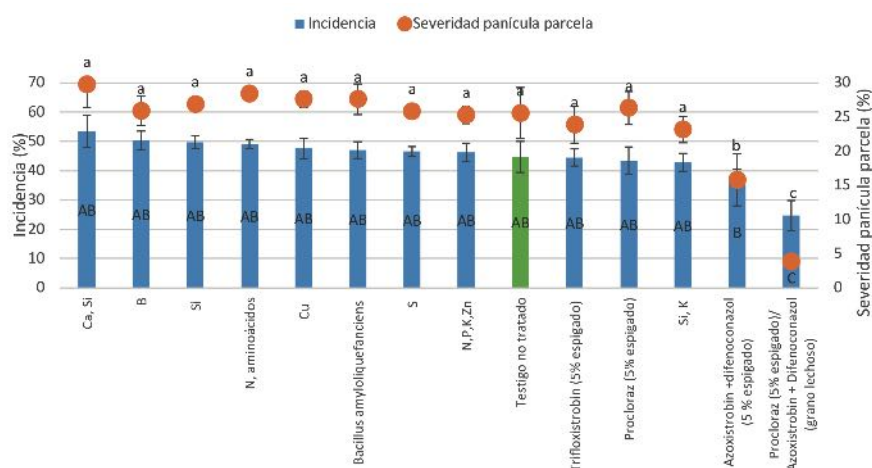


Gráfico 2. Nivel de pyriculariosis en panícula en el estadio de grano duro (BBCH 89). Año 2020. Incidencia (%): nº de panículas afectadas respecto el total. Severidad parcela (%): afectación en panícula general de la parcela. Las barras representan el error estándar. La ausencia de letras o la misma letra sobre las series indica que no existen diferencias significativas según el test de Duncan al 5% de significación.

que con la aplicación de azufre (S) se consiguieron los valores más bajos de esta enfermedad, incluso por debajo de las estrategias fungicidas convencionales (Tabla 2), pero sin establecerse diferencias estadísticamente significativas.

El nivel de senescencia y el índice NDVI muestran el estado nutricional o vigor del cultivo y además pueden ser una medida indirecta del estado sanitario de las plantas. En este sentido, en los dos años de ensayo, se observa que la aplicación de azoxistrobin + difenoconazol mantiene las hojas verdes durante más tiempo que el resto de las estrategias (Grá-

ficos 3 y 4). Cabe tener en cuenta que, en 2019, la aplicación de trifloxistrobin al 5% de espigado también supuso un nivel de senescencia de las plantas más tardío y lento.

En 2019, el mayor rendimiento en grano (kg/ha netos) se obtuvo, en primer lugar, con la aplicación de procloraz al 5% de espigado + azoxistrobin y difenoconazol en grano lechoso, y en segundo lugar con la aplicación de trifloxistrobin al 5% de espigado. El valor de producción más cercano a estas dos estrategias se obtuvo con la aplicación de *Bacillus amyloliquefaciens* (Gráfico 5).

En 2020 no se establecieron diferen-



cias significativas entre estrategias en cuanto al rendimiento en grano (Gráfico 6), pero la mayor producción se consiguió, en primer lugar, con la aplicación de boro (B), y en segundo lugar con la aplicación de azoxistrobin y difenoconazol al 5% de espigado, seguida de la estrategia de procloraz al 5% de espigado + azoxistrobin y difenoconazol en grano lechoso.

En la Tabla 3 se muestran los resultados del análisis de residuos en grano. En 2019, únicamente se detectó el residuo referente al fungicida convencional aplicado en grano lechoso. Por este motivo, en 2020 se consideró oportuno añadir dos estrategias fungicidas más, aplicadas al 5% de espigado, ya que cabía la posibilidad de obtener un producto con residuo 0 aplicando un fungicida convencional. Pero este resultado no se repitió en 2020, y se detectaron residuos en todas las estrategias con aplicación de fungicidas convencionales, independientemente del momento de tratamiento. De todas formas, la cantidad de residuos detectados fue siempre acorde con el fitosanitario aplicado y por debajo del LMR, indicando que se trata de un producto seguro para el consumidor. En el resto de estrategias, como era de esperar, no se detectaron residuos de plaguicidas en grano.

## Conclusiones

Las estrategias que destacan en cuanto a un mejor control de la pyriculariosis, que mantienen mayor tiempo las hojas verdes y además obtienen un mayor rendimiento en grano, son las que combinan los siguientes fungicidas convencionales: en primer lugar, procloraz al 5% de espigado + azoxistrobin y difenoconazol en grano lechoso; en segundo lugar, azoxistrobin y difenoconazol al 5% de espigado. El resto de estrategias estudiadas no se distinguen del testigo sin tratar. Aun así, con la aplicación de *Bacillus amyloliquefaciens* en 2019 y de boro (B) en 2020, se consiguieron unas producciones elevadas y cercanas a las obtenidas con los fungicidas convencionales, por lo que se destacan como posibles alternativas a tener en cuenta. Por otra parte, el azufre (S) parece mostrar una reducción en la apari-



Imagen 4. Jornada de campo del arroz donde se presentó el ensayo demostrativo *in situ*.

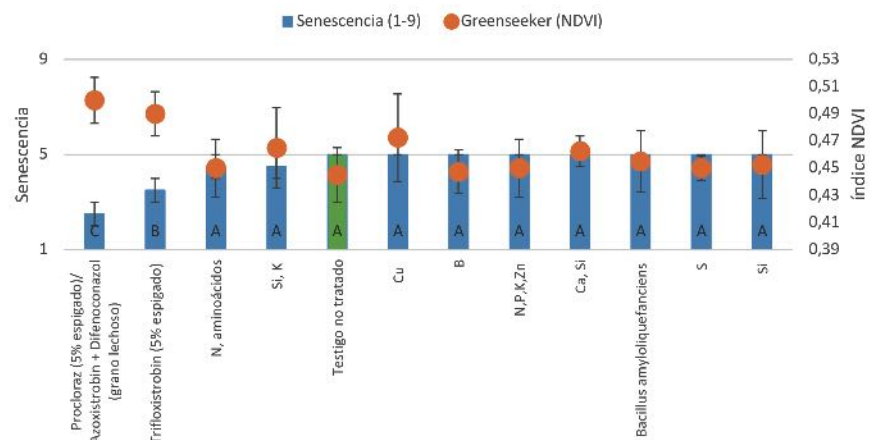


Gráfico 3. Nivel de senescencia de las hojas e índice NDVI en el estadio de grano duro (BBCH 89). Año 2019. Nivel de senescencia valorado según escala SES: 1. Tardío y lento (las hojas presentan un color verde natural), 5. Intermedio (las hojas superiores muestran un color amarillo), 9. Temprano y rápido (todas las hojas muestran un color amarillo o están muertas). Las barras representan el error estándar. La ausencia de leras o la misma letra sobre las series indica que no existen diferencias significativas según el test de Duncan al 5% de significación.

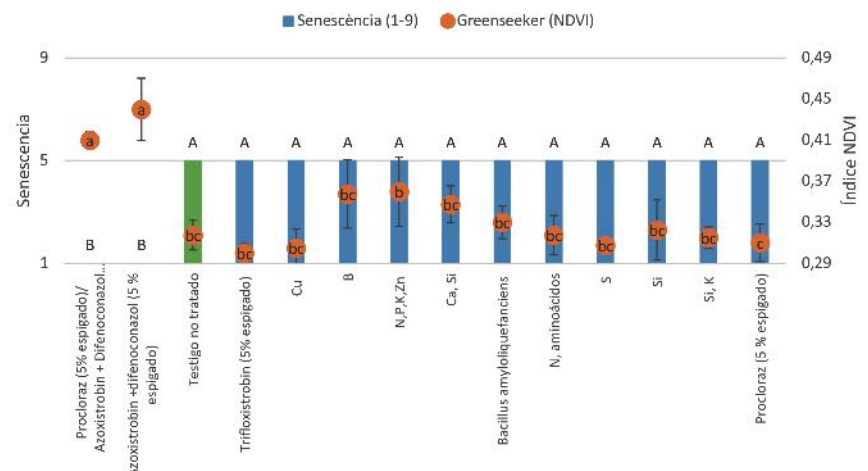


Gráfico 4. Nivel de senescencia de las hojas e índice NDVI en el estadio de grano duro (BBCH 89). Año 2020. Nivel de senescencia valorado según escala SES: 1. Tardío y lento (las hojas presentan un color verde natural), 5. Intermedio (las hojas superiores muestran un color amarillo), 9. Temprano y rápido (todas las hojas muestran un color amarillo o están muertas). Las barras representan el error estándar. La ausencia de leras o la misma letra sobre las series indica que no existen diferencias significativas según el test de Duncan al 5% de significación.

ción de síntomas de helmintosporiosis.

En cuanto a los residuos en grano, se detectan los fungicidas convencionales aplicados en las estrategias correspondientes. La cantidad detectada se sitúa siempre por debajo del LMR, por lo que el producto final obtenido es seguro para el consumidor.

Por último, cabe recordar que para cultivar arroz forma sostenible es necesaria la optimización de todos los factores agronómicos implicados en la producción, destacando la elección de la variedad, la dosis de siembra, la fertilización adaptada al tipo de suelo y un uso racional de los fitosanitarios.

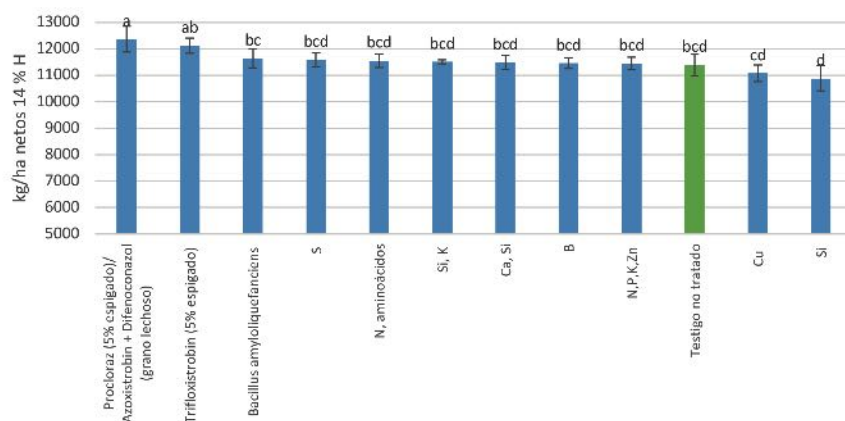


Gráfico 5. Rendimiento en grano (kg/ha netos al 14% de humedad). Año 2019. Las barras representan el error estándar. La ausencia de leras o la misma letra sobre las series indica que no existen diferencias significativas según el test de Duncan al 5% de significación.

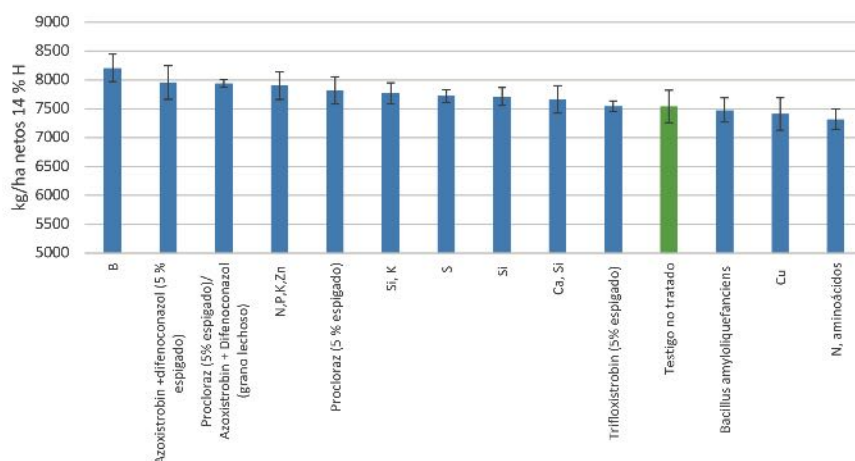


Gráfico 6. Rendimiento en grano (kg/ha netos al 14% de humedad). Año 2020. Las barras representan el error estándar. La ausencia de leras o la misma letra sobre las series indica que no existen diferencias significativas según el test de Duncan al 5% de significación.

## Bibliografía

- Lancashire y col. (2001). Estadios de las plantas mono-y dicotyledóneas. BBCH Monografía arroz.
- MAPA. (2019). Barómetro del Clima de Confianza Sector Agroalimentario. "Resultados índice segundo trimestre 2019". [www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/20200622\\_oe91documentopartidav7\\_tcm30-520580.pdf](http://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/20200622_oe91documentopartidav7_tcm30-520580.pdf)
- Neumeister L. (2007). Pesticide Use Reduction Strategies in Europe. Six case studies. London: PAN Europe. [https://www.researchgate.net/publication/278670963\\_Pesticide\\_Use\\_Reduction\\_Strategies\\_in\\_Europe\\_Six\\_case\\_studies](https://www.researchgate.net/publication/278670963_Pesticide_Use_Reduction_Strategies_in_Europe_Six_case_studies)
- Standard Evaluation System for Rice (SES), (2002). International Rice Research Institute (IRRI).