

# Red de protección foliar en trigo en el sudeste bonaerense *Resultados 2019*

Juan Pablo Edwards Molina,  
Bruno Pugliese, Dionisio  
Martínez, Guillermo Divito,  
Javier Kitroser, Agustín Torres,  
Germán Berg, Ana Storm,  
Juan Erreguerena,  
Marcelo López de Sabando,  
Matías Cánepa, Facundo Quiroz

Unidad Integrada Balcarce  
(INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMDP)  
AAPRESID



**E**n 2019 iniciamos una red de ensayos de protección foliar de trigo en el sudeste de Buenos Aires con el objetivo de, en el corto plazo, estimar las respuestas medias de las aplicaciones de fungicidas (y su resultado económico) y en el mediano-largo plazo, generar información para guiar el manejo sanitario del trigo. A diferencia de los ensayos de eficiencia de productos o redes de cultivares, donde el diseño experimental y el tamaño de parcela puede ejercer un efecto distorsivo sobre la respuesta en rendimiento (sobre expresión de la enfermedad en relación a la realidad del año/localidad, mayor efecto borde parcela-específico), el área experimental del presente estudio utiliza lotes de producción con el manejo estándar del producto salvo en la aplicación de fungicidas, realizadas con mochila pulverizadora experimental. Los lotes pretenden ser una muestra representativa de la región donde se utiliza una amplia gama de cultivares, variando en su ciclo y nivel de resistencia a las enfermedades prevalentes, bajo condiciones ambientales acorde al año de experimentación y sometidos al ataque de pobla-

Presentamos la RED de ensayos de protección foliar de trigo del sudeste bonaerense. Una herramienta estratégica para ayudar a tomar decisiones teniendo en cuenta la variedad de situaciones a nivel territorial.

ciones de patógenos naturalizados. Estas condiciones pueden ser o no conducentes a epidemias de enfermedades foliares que determinen aplicaciones foliares de fungicidas.

La estrategia general de manejo de enfermedades de trigo de los productos locales en los últimos años varía según el nivel de resistencia a roya amarilla de los cultivares sembrados: pudiendo realizarse aplicaciones en caso de presencia temprana de roya

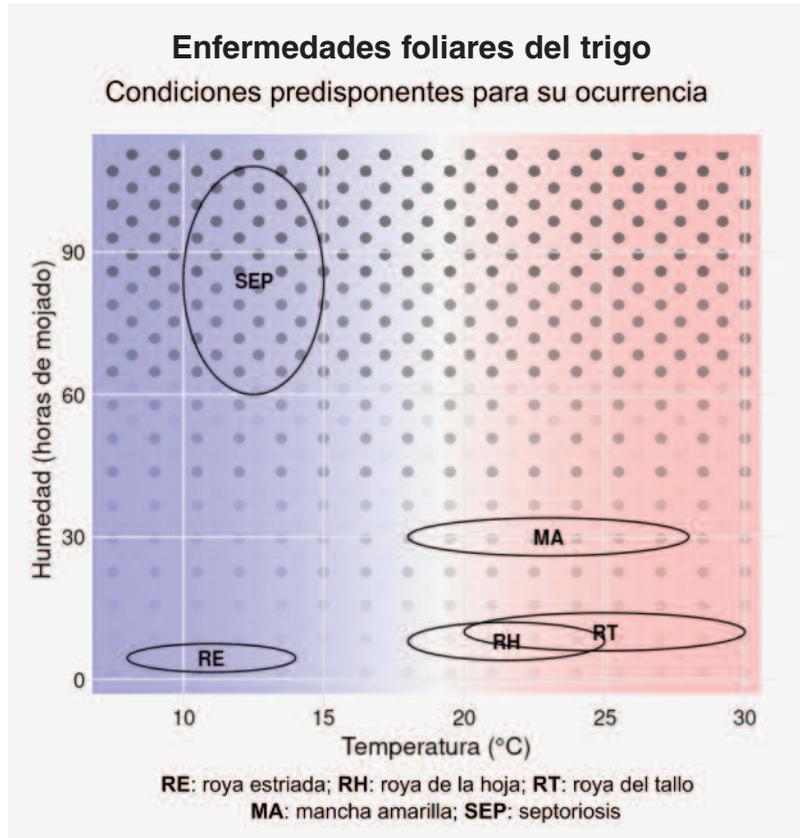
estriada (*Puccinia striiformis*), aún previo a la fase de encañazón. Podría considerarse así un criterio de decisión patocentrista, o sea que la simple presencia del patógeno, independientemente del estado fenológico del cultivo gatilla la toma de decisión, cosa que para enfermedades como roya estriada es correcto ya que la velocidad de su progreso es tal que acciones demoradas pueden resultar ineficientes para su control. Siguiendo con esta línea de pensamiento, un enfoque fitocentrista puede ser dominante para el manejo de manchas foliares prevalentes, siendo principalmente mancha amarilla (*Drechslera tritici-repentis*) y septoriosis (*Septoria tritici*) los patógenos blancos. El progreso vertical en el canopeo puede ser acompañado casi semanalmente debido a su diferente dinámica respecto a la roya estriada y su alta dependencia con el ambiente. Considerando los estadios de aparición de hoja bandera, establecido por Zadoks (1974) como Z3.7, el total despliegue de ésta (Z3.9), hasta el estadio de espigazón (Z4.5), las aplicaciones de fungicidas son ejecutadas en su mayoría para manchas y probablemente para roya de la hoja (*P. recondita*)

Figura 1 | Condiciones predisponentes para las enfermedades foliares del trigo

cuya aparición es comúnmente tardía en relación con la roya estriada, demostrando un ambiente óptimo más cálido para la infección y progreso (Figura 1).

De esta manera se establece una ventana de protección que busca proteger el área foliar que más aporta al rendimiento (hoja bandera - HB y hoja inferior a la bandera - HB<sup>1</sup>). Además del momento de aplicación, otro factor que complementa la estrategia de protección del trigo es la composición de la mezcla del fungicida a aplicar, pudiendo ser: mezclas dobles de triazol + estrobilurina a mezclas triples adicionando una carboxamida a las mezclas dobles, variando en sus modos de acción antifúngica. Es importante destacar que dentro de los grupos químicos de fungicidas hay variabilidad en las propiedades químicas de sus ingredientes activos, por ejemplo, en la especificidad ante patógenos, o en la sistemicidad (movimiento) de los mismos.

Bajo este marco conceptual diseñamos un protocolo simple, pero abarca-



**Tabla 1 | Estrategias de protección foliar química.**

|   | Z32   | Z39   | ID        |
|---|---|---|-----------|
| 1 | -   | -   | Testigo   |
| 2 | triazol +<br>estrobilurina                  | -   | MD32      |
| 3 | -   | triazol +<br>estrobilurina                  | MD39      |
| 4 | triazol +<br>estrobilurina +<br>carboxamida | -   | MT32      |
| 5 | -   | triazol +<br>estrobilurina +<br>carboxamida | MT39      |
| 6 | triazol +<br>estrobilurina                  | triazol +<br>estrobilurina +<br>carboxamida | MD32_MT39 |

tivo en cuanto a las estrategias empleadas en el sudeste de Bs. As. para responder los siguientes objetivos: i) estimar la respuesta en rendimiento de las estrategias de protección y ii) calcular la relación costo - beneficio de las estrategias testeadas. De esta manera pretendimos tener un panorama del año en lo que se refiere a la presión de enfermedad en nuestra región y al resultado económico de la aplicación de fungicidas. En el mediano plazo, con un set de datos expandido a varios años de experimentación/observación, podremos dar respuesta a otras preguntas de mayor envergadura como, i) en qué condiciones productivas las enfermedades pueden causar pérdidas de rendimiento importantes, ii) con qué frecuencia se produce rédito económico para las diferentes estrategias de protección, entre otras.

da) y el **tipo de mezcla fungicida:** mezcla doble triazol + estrobilurina (Rubric Max® FMC 0,5 l/ha - epoxiconazole al 10%, 50 g/ha y azoxistrobina al 20%, 100 g/ha; y mezcla triple triazol + estrobilurina + carboxamida (Orquesta Ultra® Basf 1,2 l/ha - epoxiconazole al 5%, 60 g/ha, piraclostrobina al 8,1%, 97 g/ha y fluxapyroxad al 5%, 60 g/ha). De esta manera podría considerarse que las aplicaciones en Z32 tendrían el objetivo de disminuir la presión de inóculo presente en el lote y las realizadas en Z39 de proteger el área foliar del estrato superior totalmente expandida (Tabla 1).

*(Es importante destacar que para los fines de este trabajo y en un esfuerzo de uniformizar la metodología, las estrategias evaluadas no respondieron al monitoreo del cultivo, cosa que es*

**Tabla 2 | Sitios experimentales y sus condiciones de producción**

| Localidad | Cultivar   | Ciclo | F. siembra | Antecesor      | Último trigo |
|-----------|------------|-------|------------|----------------|--------------|
| Madariaga | B802       | L     | 05-06-19   | Soja           | 2016         |
| Necochea  | B802       | L     | 11-06-19   | Girasol        | 2017         |
| Tandil    | Buck SY211 | I     | 09-07-19   | Soja           | 2017         |
| Balcarce  | Buck SY120 | I     | 10-07-19   | Girasol        | 2015         |
| Barrow    | Ciprés     | L     | 01-08-19   | cebada/soja 2° | 2017         |
| Mdp       | Buck Saeta | C     | 15-08-19   | Papa           | 2015         |

\*Ciclos largo (L), intermedio (I) y corto (C).

Quedando configuradas las estrategias de protección (5 en total) por la combinación del **momento de aplicación** (Z32 dos nudos;

*enfáticamente recomendada para el manejo sanitario de cultivos)*

Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. La aplicación de fungicidas se realizó con mochila de presión constante (CO<sub>2</sub>) y barra de 4 picos (cono hueco) distanciados entre sí a 50 cm, generando un ancho de aplicación de 2 m y dispersando un volumen de caldo de 115 l/ha. La dimensión de las parcelas (unidades experimentales) eran de 3 m de ancho x 7 m de largo.

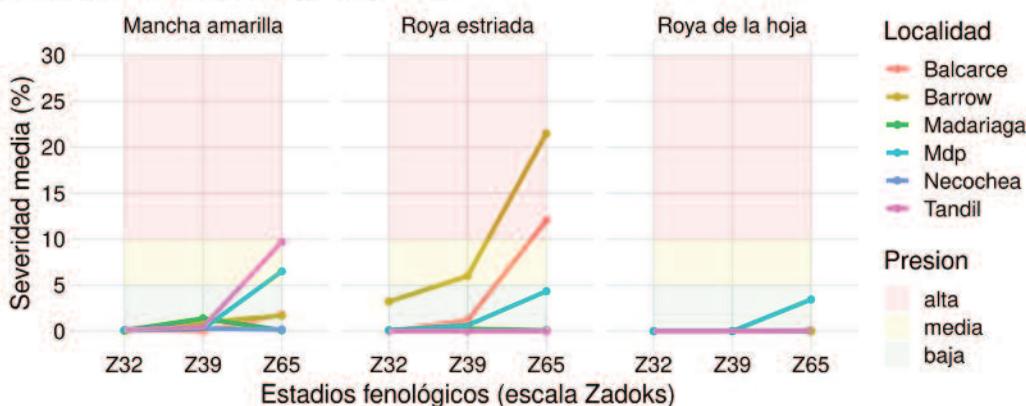
Los sitios experimentales (lotes de producción de trigo) se localizaron en Necochea, Tandil, Madariaga, Tres Arroyos, Balcarce y Mar del Plata (Tabla 2). Los cultivares en cada sitio difirieron en su perfil sanitario, aunque de manera general ninguno de ellos era susceptible a roya estriada, y reflejaron los genotipos sembrados en la región.

Evaluaciones sanitarias. Se evaluaron enfermedades presentes al

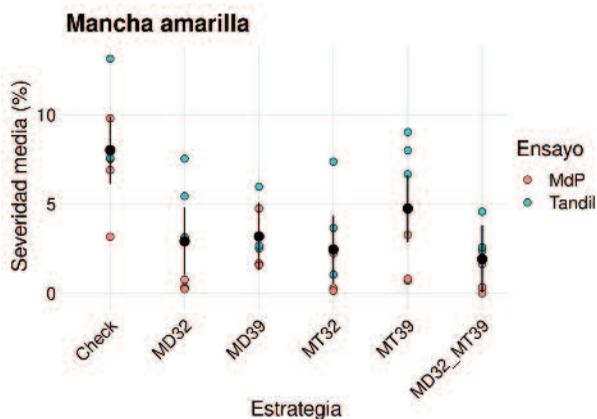
**Figura 2 | Evolución de la intensidad de enfermedades en cada sitio experimental (evaluación en los testigos sin tratar). La presión de enfermedad se observa en la coloración del área del gráfico establecida según la intensidad de enfermedad: baja (<5%), media (5-10%) y alta (>10%).**

**Evolución de presión de enfermedad por ensayo**

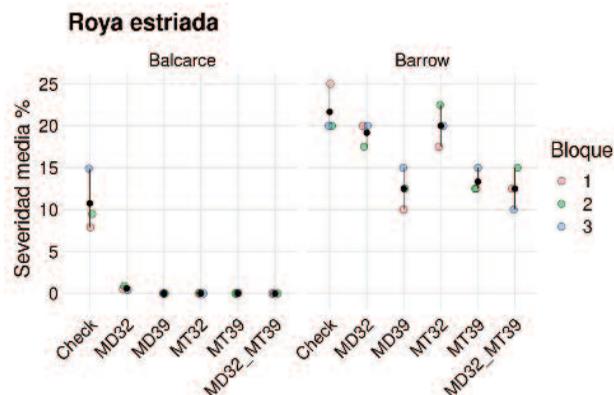
Severidad media de las enfermedades en los testigos sin protección alrededor de Z32 (inicio encañazón), Z39 (hoja bandera expandida) y Z65 (antesis)



**Figura 3** | Intensidad de Mancha amarilla evaluada alrededor de antesis.



**Figura 4** | Intensidad de Roya estriada evaluada alrededor de antesis.

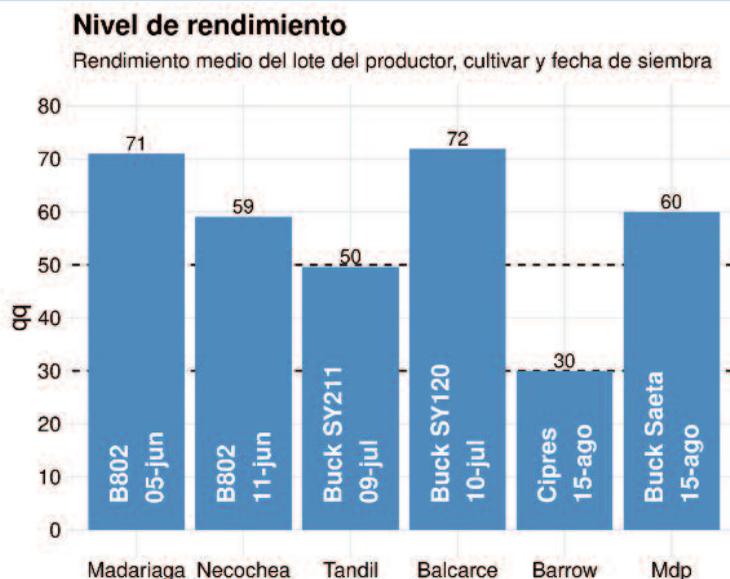


momento de aplicación y en antesis (Z65, +/- 5 días). Con el fin de clasificar los ensayos según la presión de enfermedad se estableció (arbitrariamente) que menos de 5% de intensidad (incidencia x severidad media de hojas enfermas) sería una baja presión, entre 5 - 10%, presión media, y 10% o mayor sería una presión alta. Para las evaluaciones se evaluaron 10 plantas por parcelas y se consideraron todas las hojas en Z32, y desde Z39 en adelante solo las hojas HB, HB<sup>1</sup> y HB<sup>2</sup>.

**Rendimiento.** Para estimar el rendimiento se tomaron manualmente muestras de espigas de al menos 10 m lineales (2 m<sup>2</sup>) del centro de la parcela efectiva. Se procesaron las mismas con trilladora estática y determinó la humedad secando en estufa una alícuota de cada muestra.

**Análisis de datos.** Para analizar la eficiencia de control de las estrategias se incluyeron aquellos ensayos en donde la presión fue al menos media (>5% intensidad). Ensayos conducidos en lotes con al menos rendimien-

**Figura 5** | Rendimiento medio del lote del productor en que se condujeron los ensayos



to medio (50 qq/ha) fueron incluidos para el análisis de esta variable. Para ambos variables se ajustaron modelos mixtos con bloques anidados dentro

del sitio experimental como efectos aleatorios y estrategias como efectos fijos.

Es sabido que cada campo es un

**Tabla 3** | Resultados de análisis de varianza individual de cada experimento, significancia del tratamiento y coeficiente de variación.

| Sitio     | P valor | CV%  |
|-----------|---------|------|
| Madariaga | 0,063   | 3,5  |
| Necochea  | 0,743   | 6,6  |
| Barrow    | 0,335   | 9,6  |
| Tandil    | 0,863   | 11,0 |
| Balcarce  | 0,096   | 4,8  |
| MdP       | 0,264   | 7,1  |

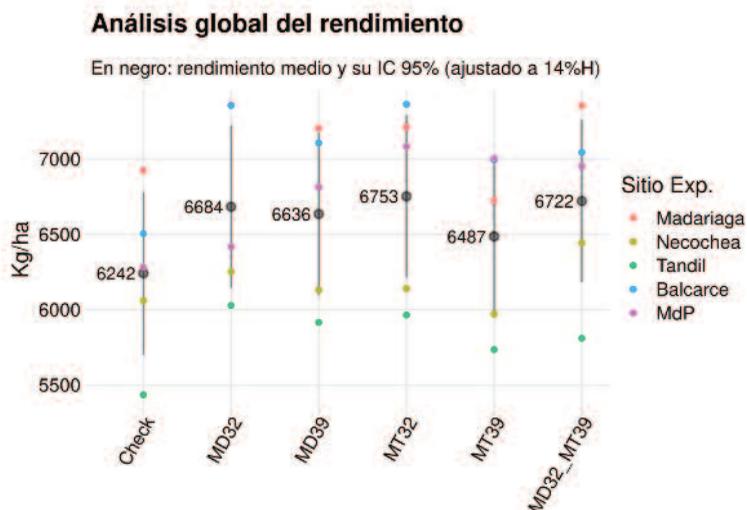
**Tabla 4** | Cálculo de costos de las estrategias testeadas (fungicida + aplicación) expresado en kg de trigo, para la situación real observada en oct-nov 2019 (momento de toma de decisión de aplicaciones foliares - "escenario real"), escenario pesimista (-10% de la cotización real) y escenario optimista (+10% de la cotización real).

|                   | Cotiz Nov'19        | -10% | +10% |
|-------------------|---------------------|------|------|
| US\$/Ton          | 174                 | 157  | 191  |
| <b>Estrategia</b> | kg de trigo / dosis |      |      |
| <b>MD32</b>       | 172                 | 192  | 157  |
| <b>MD39</b>       | 172                 | 192  | 157  |
| <b>MT32</b>       | 280                 | 311  | 255  |
| <b>MT39</b>       | 280                 | 311  | 255  |
| <b>MD32+MT39</b>  | 453                 | 503  | 411  |

caso particular y merece una decisión específica. Sin embargo, el objetivo de este trabajo es hacer una estimación general de la región Sudeste de Bs As, campaña 2019. Por ello, analizamos los ensayos de manera combinada aquellos ensayos que **llegaron a Z39 con baja presión de enfermedades** (MA, RE, RH): se descarta así a Barrow con alta presión de RH (y bajo nivel de rendimiento probablemente por cierto desfase de su fecha de siembra óptima).

Con las estimaciones de los modelos se computaron contrastes dirigidos para realizar comparaciones entre estrategias y explorar tendencias en los resultados. Con los rendimientos estimados globalmente se realizó un análisis económico con los valores de precio fungicidas (producto + aplicación) y grano (precio pizarra en fin de campaña y gastos de comercialización). Se realizó un análisis de sensibi-

**Figura 6** | Rendimientos medios estimados de cada estrategia para todos los sitios en conjunto (puntos negros) e individual para cada sitio experimental.



lidad variando el precio del trigo en un +-10%. Se utilizó el programa libre R (R Core Team, 2013) para la manipulación del set de datos, cálculos y gráficos, (paquete tidyverse) y ajustes de modelos (paquetes "lme4" y "emmeans").

## Resultados

Presión de enfermedad de los ensayos. Mancha amarilla: hasta Z39 fue baja su presión en los 6 ensayos, Tandil y MdP tuvo presión moderada hacia Z65. Roya estriada: baja presión en general, salvo en Barrow que tuvo moderada presión desde Z39, y Balcarce alta presión solo en Z65. Esta diferencia en la dinámica temporal de las epidemias no permitió un análisis conjunto para roya estriada. Roya de la hoja: fue baja su presión en todos los sitios experimentales (en MdP llegó a 4% la intensidad media de los testigos).

## Eficiencia de control de enfermedades

La mancha amarilla fue bien controlada por todas las estrategias en general (60-76% de eficiencia,  $P=0,001$ ), en menor medida por MT39 (con 40% de eficiencia no difirió del testigo al 5% de significancia, si al 10%). No hubo diferencia entre las aplicaciones simples en Z32 con la aplicación doble MD32\_MT39 ( $P=0,458$ ), aunque se observó una tendencia a mejores de controles simples en Z32 vs Z39, aunque esta diferencia no fue significativa ( $P=0,137$ ).

Roya amarilla (Figura 3), fue eficientemente controlada por todas las estra-

tegias en Balcarce ( $P<0,001$ ) probablemente debido al inicio tardío de la epidemia. En Barrow, aplicaciones realizadas alrededor de hoja bandera expandida (MD39, MT39 y MD32\_MT39) redujeron significativamente la intensidad de síntomas, probablemente al desencadenamiento de la epidemia entre Z39 y Z65 como se observa en la figura 2.

## Rendimientos

En base al rendimiento obtenido por el productor en cada lote del ensayo, se registraron altos rendimientos en 5 de los 6 ensayos ( $\geq 50$  qq/ha), y bajo en Barrow ( $<30$  qq/ha). Si bien hubo déficit en las precipitaciones acumuladas (lo que se vio reflejado en la implantación de los cultivos, por plantas de bajo porte, surcos sin cerrar en algunos casos), llegado el periodo crítico, las condiciones meteorológicas se tornaron favorables para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo, y la presión de enfermedades general se mantuvo baja, pudieron ser causa de los altos rendimientos logrados en varios casos registrados en la región. En los sitios experimentales de Balcarce y Madariaga se registraron los mayores rendimientos, en segundo lugar, Tandil y Necochea, y finalmente el rendimiento más bajo se observó en Barrow.

Del análisis de varianza del rendimiento individual observamos que solo Balcarce y Madariaga tuvieron efecto significativo (al 10% de significancia) y a su vez menores errores experimentales expresados en coeficientes de variación  $< 5\%$ .

Globalmente se observó diferencia significativa del tratamiento de protección foliar sobre el rendimiento ( $P < 0,05$ ), obteniéndose diferencias de 511 kg y 480 kg para MT32 y MD32+MT39 respectivamente, y 443 kg y 392 kg para MD32 o MD39 respectivamente. MT39 no difirió significativamente del testigo (245 kg de diferencia).

Por medio de los contrastes observamos que:

- la aplicación doble Z32+Z39 vs las simples no fue significativamente diferente (+28 kg vs Z32, o +187 en Z39). O sea que una sola aplicación fue suficiente para las condiciones de los presentes ensayos.
- Aplicar un solo producto en Z32 vs Z39 tampoco fue diferente en términos estadísticos, aunque demostró una tendencia considerable a favor de la aplicación en Z32 (+157 kg).
- No hubo diferencia entre aplicar MT vs MD.

## Análisis económico

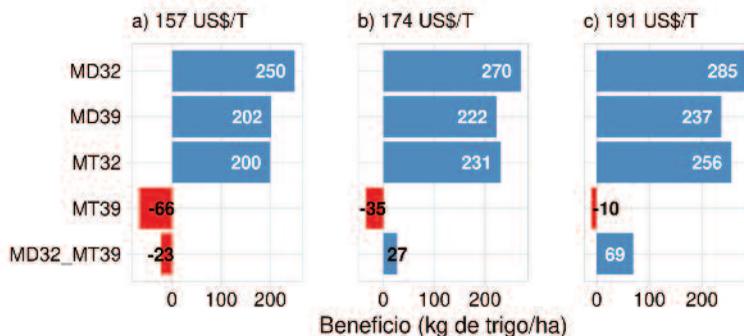
Basado en los precios de octubre/noviembre de 2019 (escenario real), simulamos dos contextos más: pesimista (-10% cotización del trigo) y optimista (+10% cotización del trigo). A la estimación de rendimiento media de cada estrategia - el testigo sin aplicar (diferencia bruta), sustraemos el costo de la aplicación obteniendo la diferencia neta de cada aplicación o bien el beneficio económico.

En el escenario real observamos márgenes netos globales positivos en la mayoría de los casos, salvo para MT39, destacándose MD32, MT32 y MD39. Bajo el escenario pesimista solo MD32, MT32 y MD39 fueron positivos con márgenes netos de >200

**Figura 7** | Resultado económico de las estrategias de protección foliar. **MD:** Mezcla doble 0,5 l/ha - epoxiconazole + azoxistrobin. **MT:** Mezcla triple 1,2 l/ha - epoxiconazole + pyraclostrobin + fluxapyroxad. Los números 32 y 39 de la abreviatura corresponden al estado de dos nudos y hoja bandera expandida (respectivamente) en que fueron aplicadas las estrategias.

### Resultado económico de las estrategias

Costo dosis (US\$): MD=19, MT=34 (+5 US\$/aplicación)  
Cotización trigo: b) Real de Oct-Nov 2019; a)-10%; c)+10%



kg/ha. En el escenario optimista, como fuera esperado, MT32 (de mayor respuesta física del rendimiento) se apro-

xima al valor de MD32 y MT39 se aproxima a 0 (rendimiento de indiferencia).

## CONCLUSIONES

- Las condiciones ambientales generales (implantación con déficit hídrico y llenado con bajas temperaturas) dieron el marco de un año poco normal/atípico para el cultivo de trigo. Esto se vio reflejado en la baja presión de enfermedades y la variabilidad de los rendimientos observados.
- Dentro de este marco, la aplicación de estrategias de protección no fueron ejecutadas ante una clara necesidad de reducir presión de inóculo o resguardar el área foliar de las hojas críticas de contribución fotosintética (HB, HB-1 y HB-2).
- Aun así, se observó efecto significativo del tratamiento analizando conjuntamente los 5 ensayos (no así ninguno de los ensayos analizados individualmente, probablemente atribuible a la baja potencia estadística de los mismos).
- La estrategia de mayor rendimiento absoluto no fue la de mayor rentabilidad, lo que podría indicar el aprovechamiento de una estrategia de menor nivel tecnológico en las condiciones del año ya discutido.

**Agradecimientos:** Productores/asesores colaboradores Guillermo Santiago Scioli, Sr. Santiago Mansilla, Ing. Agr. José Luzuriaga, Ing. Agr. Jorge Aquino.