

Infecciones foliares en trigo: situación actual y perspectivas futuras

Josefina C. Sillero

XXXIV Jornada de la AETC

Córdoba, 15 de noviembre de 2022



UNIÓN EUROPEA
Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica



Instituto Andaluz de Investigación
y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria
y de la Producción Ecológica
Consejería de Agricultura,
Pesca, Agua y Desarrollo Rural

Contenidos

- Enfermedades causadas por hongos biotrofos

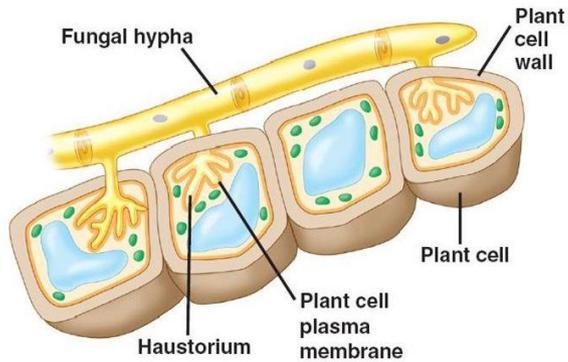
SEPTORIA

- Enfermedades causadas por hongos hemibiotrofos

ROYAS

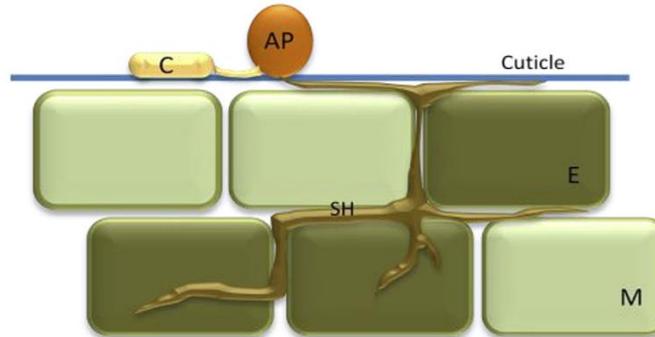
Enfermedades causadas por hongos:

Biotrofos



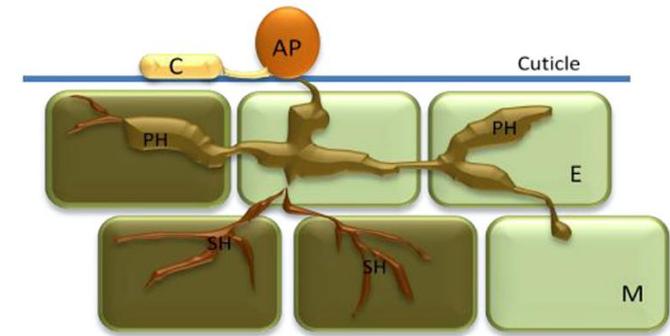
Se alimentan de
tejido vivo

Necrotrofos



Se alimentan de
tejido muerto

Hemibiotrofos



Cambian de biotrofos
a necrotrofos

Enfermedades del trigo causadas por hongos biotrofos



Roya amarilla
(*Puccinia striiformis*)



Roya de la hoja
(*P. triticina*)



Roya del tallo
(*P. graminis*)



Oidio
(*Blumeria graminis*)

Enfermedades del trigo causadas por hongos hemibiotrofos



Septoria
(*Zymoseptoria tritici*)



Helminthosporiosis
(*Pyrenophora tritici-repentis*)

Septoria: Enfermedad importante a nivel mundial

- Agente causante: *Zymoseptoria tritici* (antes *Septoria tritici*)
- Evoluciona y se adapta rápidamente a diversas condiciones agroclimáticas (desde climas templados y húmedos a climas cálidos y secos)
- Las pérdidas de rendimiento por esta enfermedad pueden alcanzar el 50% en variedades susceptibles
- Afecta tanto al trigo blando como al duro, si bien en nuestras condiciones (Cuenca Mediterránea) es una grave amenaza para el **trigo duro**



Septoria: Mejora por resistencia genética en trigo

- La resistencia a esta enfermedad está codificada fundamentalmente por genes menores
- Amplios estudios de resistencia a septoria en trigo blando: fundamentalmente de tipo cuantitativa (identificados más de 160 QTLs y más de 20 genes *Stb*)
- Sin embargo, interacción *Z. tritici*-trigo duro ha sido muy poco investigada
- En España se describen elevados niveles de severidad de la enfermedad en Andalucía, Extremadura y Cataluña, mayormente en **trigo duro**



Susceptibilidad a Septoria en Trigo Duro

Campaña 2007/08

	JEREZ	ESCACENA	ECIJA	LEBRIJA	CAÑETE
ANCALEI	S	S	S	S	S
ANTESIA	S	S	S	S	R
AYLLON	S	S	MS	S	R
BELDUR	S	S	S	S	MS
BONITEC	MS	S	S	S	MS
CALCAS	MS	MS	S	S	MS
DON FRANCISCO	S	S	S	S	S
DON JAIME	S	S	S	S	S
DON JOSE	MS	S	S	S	MS
DON JUAN	S	S	S	S	MS
DON PEDRO	S	S	S	S	S
DON RICARDO	S	S	MS	S	MS
ESTOPA	S	S	S	S	S
EURODURO	S	S	S	S	S

	JEREZ	ESCACENA	ECIJA	LEBRIJA	CAÑETE
GALLARETA	S	S	S	S	S
GRECALE	S	S	S	S	S
HISPASANO	S	S	S	S	S
IMHOTEC	S	MS	S	S	MS
KOMBO	R	MS	S	R	MS
MAESTRALE	MS	S	R	MS	S
NAUTILUR	S	S	S	S	S
PROSPERO	MS	MS	MS	MS	MS
SARAGOLLA	S	S	MS	S	MS
SEMOLERO	S	S	MS	S	S
SEVERO	S	S	S	S	R
SIMETO	S	S	S	S	MS
VITRON	S	S	S	S	S
VITRONERO	MS	S	S	S	MS

Susceptibilidad a Septoria en Trigo Duro

Campaña 2019/20

Variedad	Santaella	Santa Cruz
AMILCAR	70	80
ATHORIS	60	65
AVISPA	70	85
DON ORTEGA	20	45
DON RICARDO	60	75
EGEO	80	70
EURODURO	60	75
LG ACROPOLIS	70	85
LG DAVIS	20	40
LG HIPNOSIS	40	75
LG YSATIS	30	90
ODISSEO	40	50
OTTAVIANO	30	40
RGT BETICUR	40	80
RGT FERNANDUR	40	70
RGT RUMBADUR	20	50
SIMETO	60	60
SY ATLANTE	70	80
SY LEONARDO	80	75
SY NILO	70	90

Campaña 2020/21

Variedad	Jerez
AMILCAR	70
ATHORIS	50
AVISPA	60
DON RICARDO	60
EURODURO	70
FDN 15 DW 872	60
LG DAVIS	30
LG YSATIS	40
OTTAVIANO	30
RGT TACODUR	60
RGT VOILUR	10
SCULPTUR	20
SEMIDOU	80
SY ATLANTE	60
SY LEONARDO	60
SY NILO	80
VERACE	70



Spanish Journal of Agricultural Research
 19 (3), e1002, 10 pages (2021)
 eISSN: 2171-9292
<https://doi.org/10.5424/sjar/2021193-17953>

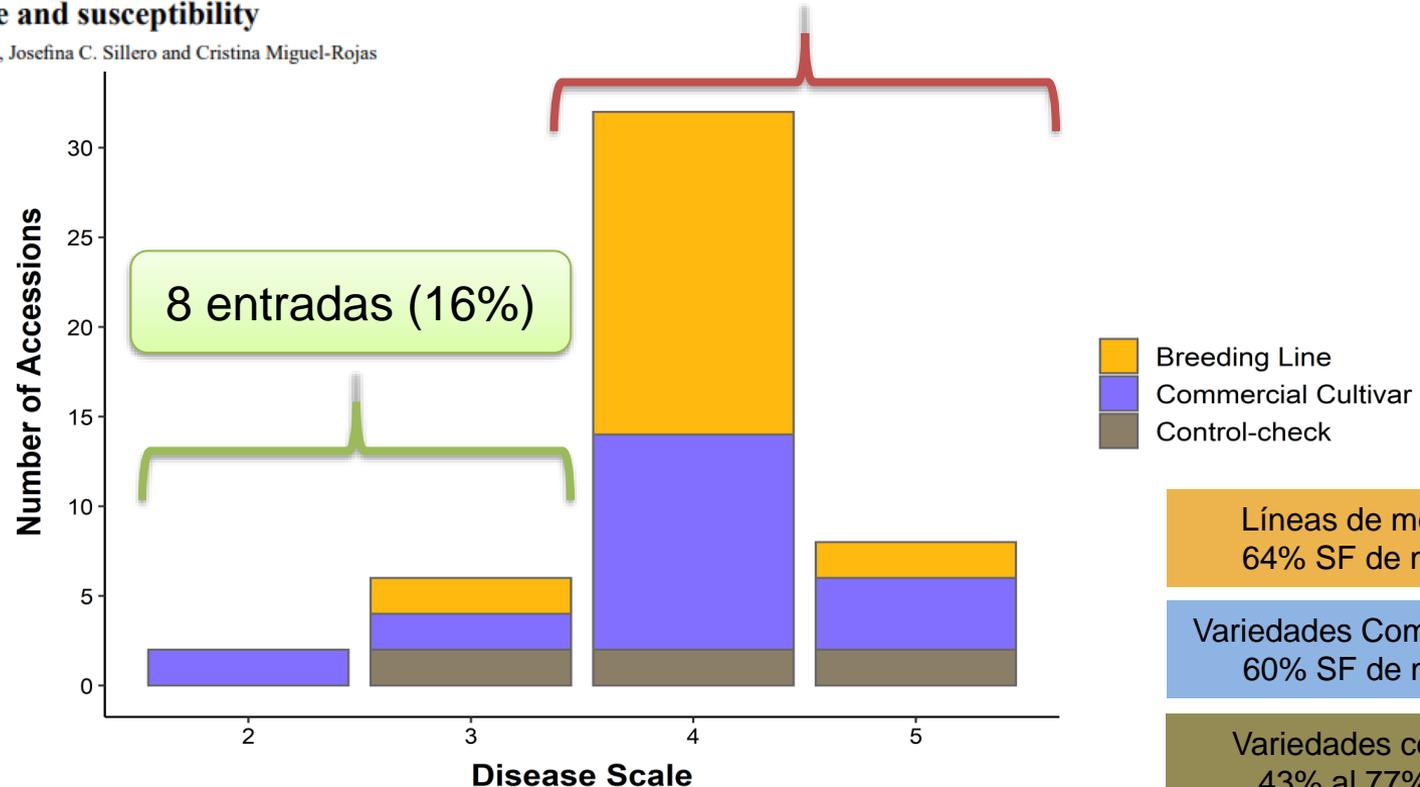
Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)

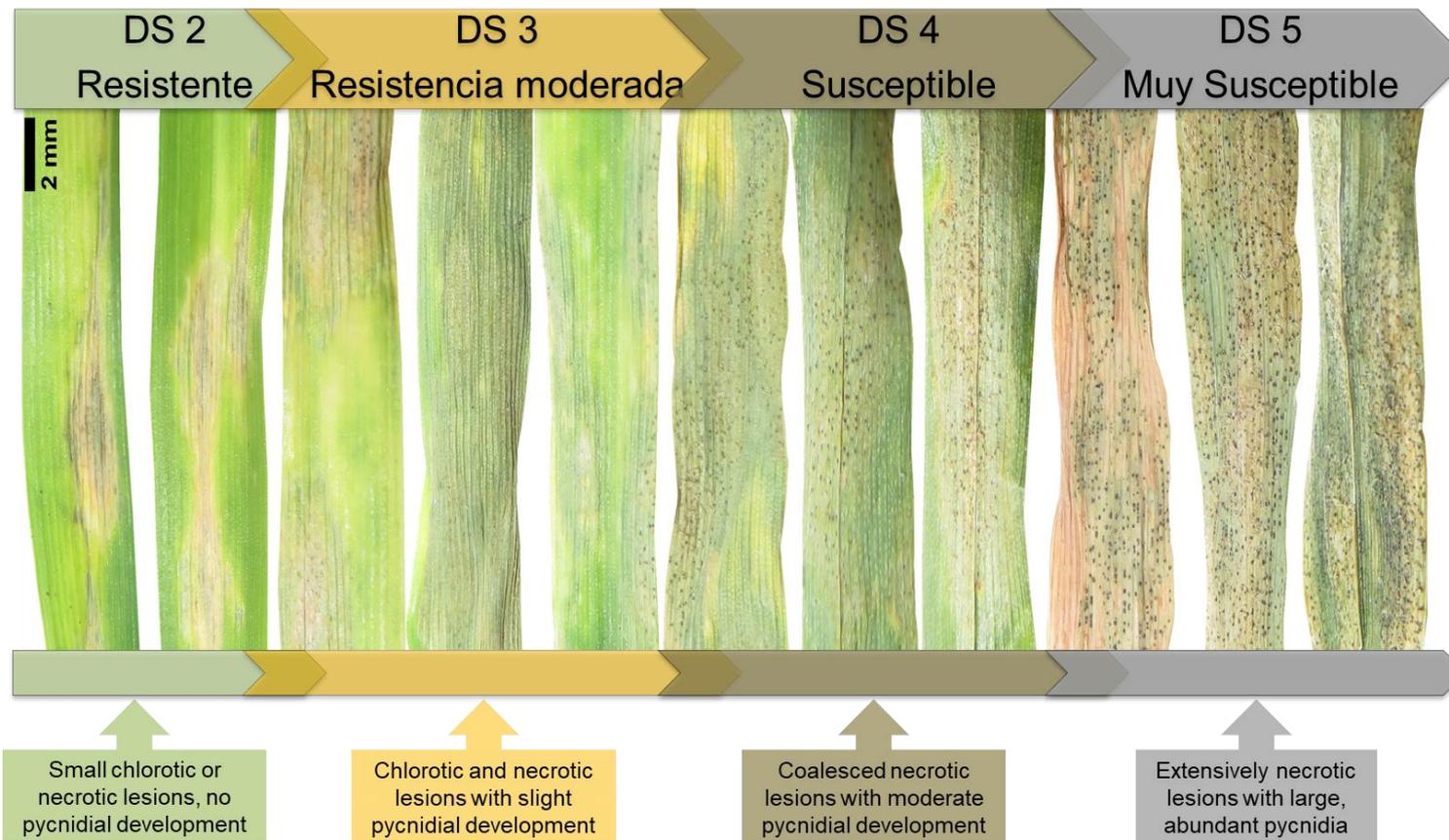
RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

Behavior of Spanish durum wheat genotypes against *Zymoseptoria tritici*: resistance and susceptibility

Rafael Porras, Alejandro Pérez-de-Luque, Josefina C. Sillero and Cristina Miguel-Rojas





Se han identificado varias entradas con muy buenos niveles de resistencia a septoria, que prometedoras como parentales en los programas de mejora genética de trigo duro

Royas: Enfermedades causadas por hongos biotrofos



Roya amarilla o estriada
(*Puccinia striiformis*)



Roya parda o de la hoja
(*P. triticina*)



Roya del tallo o negra
(*P. graminis*)

Condiciones óptimas para la germinación:

Junta de Andalucía

Humedad relativa elevada (95-100%)
Temperatura entre 15 y 25 °C (según la especie)

Roya amarilla o estriada: descrita como importante problema en el mundo



- Agente causante: *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*
- Temperatura ideales para la infección no muy elevadas, con temperaturas óptimas en torno a los 15 °C
- Generalmente era una enfermedad frecuente en zonas de gran altitud o lugares con inviernos fríos a templados
- Reciente (2 últimas décadas) aparición de nuevas razas adaptadas a climas más cálidos
- Tradicionalmente afectaba a trigo blando, si bien desde hace unos 10 años se empezaron a ver ciertas infecciones en duro

Roya amarilla o estriada

- Resistencia a roya amarilla codificada por genes mayores (Yr), que confieren resistencia hipersensible. Algunos genes confieren resistencia parcial o cuantitativa
- En España no grave problema hasta 2008-09: se detecta en el Norte en trigo blando, expandiéndose hacia el Este y Sur
- Infecciones de roya amarilla generalizadas por toda España, aunque decrece su importancia hacia 2017: uso variedades resistentes, tanto en trigos blandos como duros
- Hacia 2020 las razas predominantes en España Warrior y Warrior(-) (=Kalmar y Benchmark) y poco después aparece la raza Pts-14.
- Inicios infección trigos duros en Sur de España



Susceptibilidad Enfermedades

Campaña 2008/09

	Jerez	Vejer	Cañete	Carmona	Ecija
ALCIONE	R	R	R	R	R
BADIEL	S	S	S	S	S
CARISMA	R	R	R	R	R
CARTAYA	S	S	S	S	S
CATEDRAL	R	MS	MS	S	S
GADES	R	S	MS	S	MS
GALEON	R	MS	R	S	MS
GAZUL	R	S	S	S	MS
JEREZANO	MS	S	S	S	S
OSADO	R	R	R	R	R
SALAMA	R	R	R	R	R
SENSAS	R	R	R	R	R
VEJER	MS	MS	R	MS	R
VITORINO	MS	R	R	R	R
YECORA	S	S	S	S	S

Campaña 2012/13

Variedad	Jerez
ALANDALUS	S
ARGOT	R
ARTUR NICK	R
ATAE	SS
ATOMO	S
CALIFA	SS
CONIL	R
ENEAS	R
FD 03294	S
GAZUL	R
MAGUILLA	S
MULHACEN	S
SARINA	MS
TIEPOLO	MS
VALBONA	R

Susceptibilidad Roya amarilla 2020/21

Variedades	Jerez Roya Amarilla (%)
ARTUR NICK (T)	0
CALIFA (T)	90
CONIL (T)	0
ESPERADO	0
GALERA (T)	0
LG ACORAZADO (T)	0
LG ANCIA	0
LG MERCURIUS	0
LG REVENTÓN	0
MONTEMAYOR	0
NOGAL (T)	10
RGT CHICLANERO	10
RGT PANIGALE	0
RGT STYVAR	0
SANTAELLA	0
TOCAYO (T)	0

Trigo blando

Variedades	Lebrija Roya Amarilla (%)
AMILCAR (T)	0
ATHORIS (T)	0
AVISPA (T)	0
DON RICARDO (T)	0
EURODURO (T)	0
FDN 15 DW 872	0
LG DAVIS	20
LG YSATIS	0
OTTAVIANO	0
RGT TACODUR	0
RGT VOILUR	5
SCULPTUR (T)	0
SEMIDOU	0
SY ATLANTE	0
SY LEONARDO	10
SY NILO	10
VERACE	0

Trigo duro

Susceptibilidad Roya amarilla 2021/22

Roya Amarilla		
Variedad	Jerez	Santaella
ARTUR NICK (T)	0	0
CALIFA (T)	99	100
CONIL (T)	0	30
ECODESAL	0	0
ESPERADO	0	5
JABALCON		0
LG ACORAZADO (T)	0	0
LG REVENTÓN	0	0
LG VENCEDOR	0	0
MONTEMAYOR	10	0
NEFERTARI		50
RGT PANIGALE	0	0
RGT STYVAR	0	0
RGT TOCAYO (T)	15	0
SANTAELLA	0	0

Trigo blando

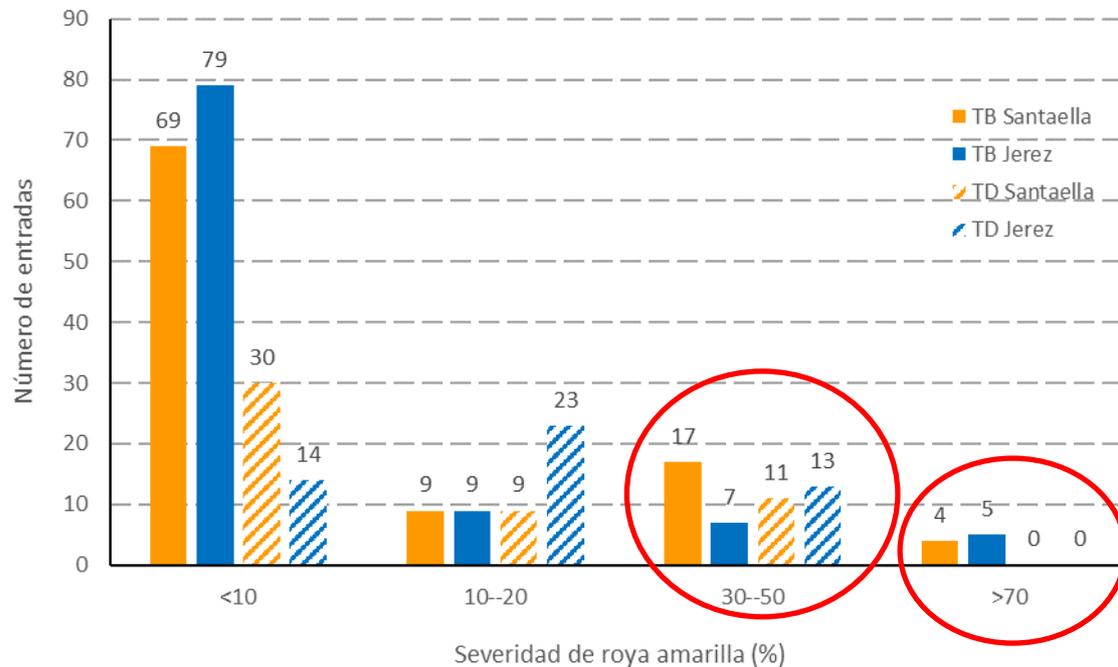
Roya Amarilla		
Variedad	Jerez	Lebrija
AMILCAR (T)	0	10
ATHORIS (T)	10	10
AVISPA (T)	0	0
DON CRISTOBAL	20	20
DON RICARDO (T)	0	0
EGEO	0	0
EURODURO (T)	5	20
FDN 15 DW 872	5	0
LG AVENSIS	30	0
OTTAVIANO	10	0
PROMITHEAS	10	0
RGT TACODUR	0	0
SCULPTUR (T)	5	20
SEMIDOU	5	0
SY ATLANTE	0	0
SY NILO	20	0
SY PRODIGO	0	0
TELEMACO	0	0
VERACE	0	0

Trigo duro



100 var. Trigo blando
 50 var. Trigo duro
 2 localidades (Santaella y Jerez)

Incidencia de roya amarilla en trigos 2021/22



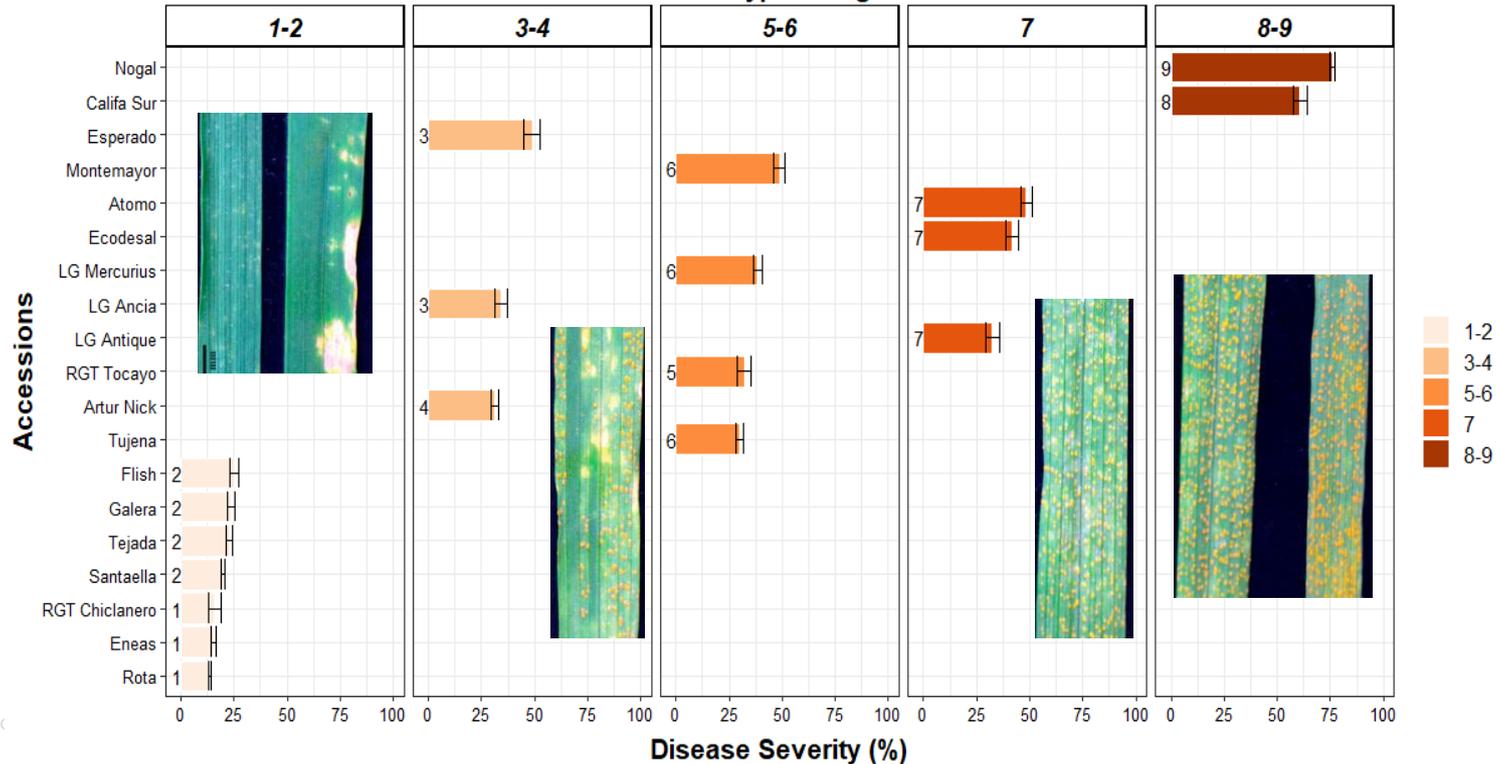


Article

Macro- and Microscopic Characterization of Components of Resistance against *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in a Collection of Spanish Bread Wheat Cultivars

 Rafael Porras , Cristina Miguel-Rojas , Alejandro Pérez-de-Luque  and Josefina C. Sillero 

Infection Type rating scale





Genes de resistencia: Diferenciales de roya amarilla

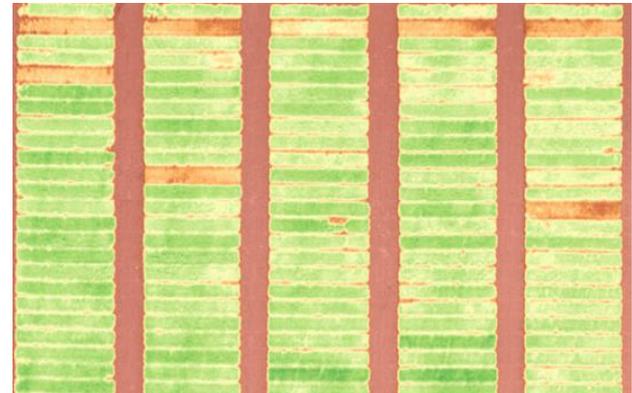
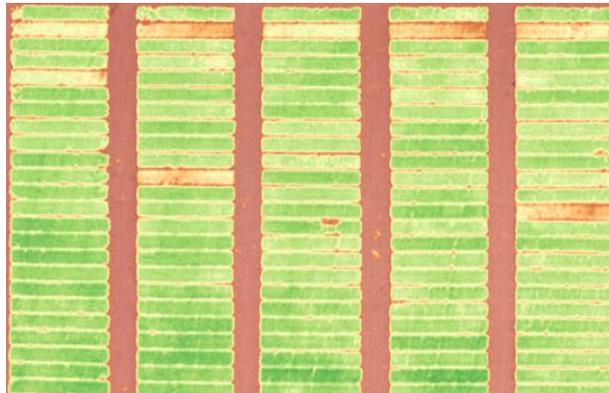
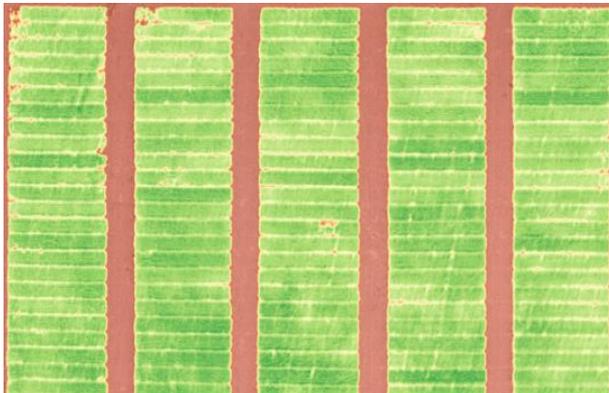
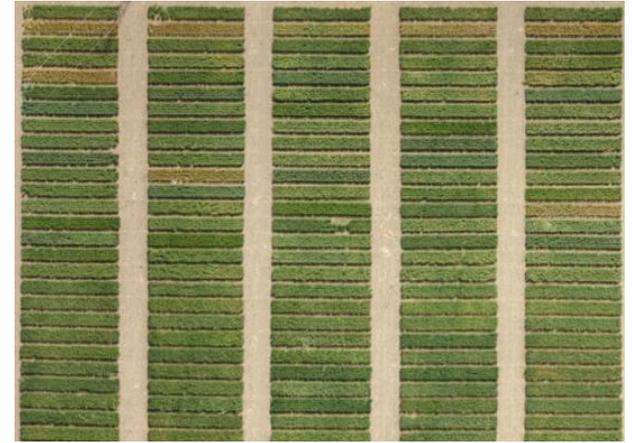
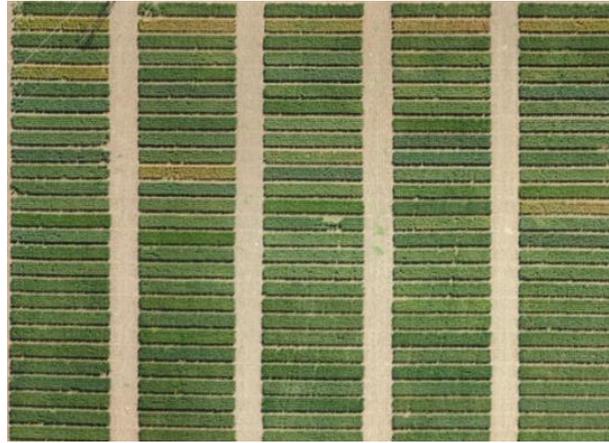
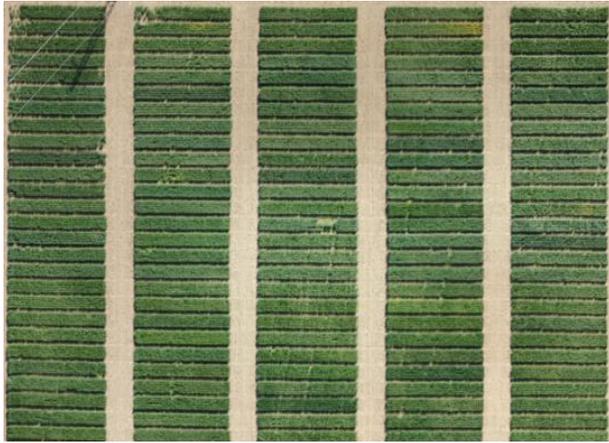
Gen	2022			2021	2019	2018	2017	2016	2015
	Santaella	Cordoba	Jerez	Santaella	Santaella	Santaella	Santaella	Santaella	Santaella
Yr3	R	R	R	R					
Yr4	R	R	-	R					
Yr5	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Yr10	R	R	R	R	0	0	0	0	0
Yr15	R	R	R	R	0	0	0	0	0
Yr26	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Yr33	R	R	R	R					
Yr2	S	S	S	S					
Yr6	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Yr7	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Yr9	S	S	-	S	S	S	S	S	S
Yr18	S	S	S	S					
Yr25	S	S	S	S					
Yr32	S	S	S	S					

Genes efectivos frente a las razas presentes a lo largo de estos últimos años: Yr3, 4, **5, 10, 15**, 26 y 33

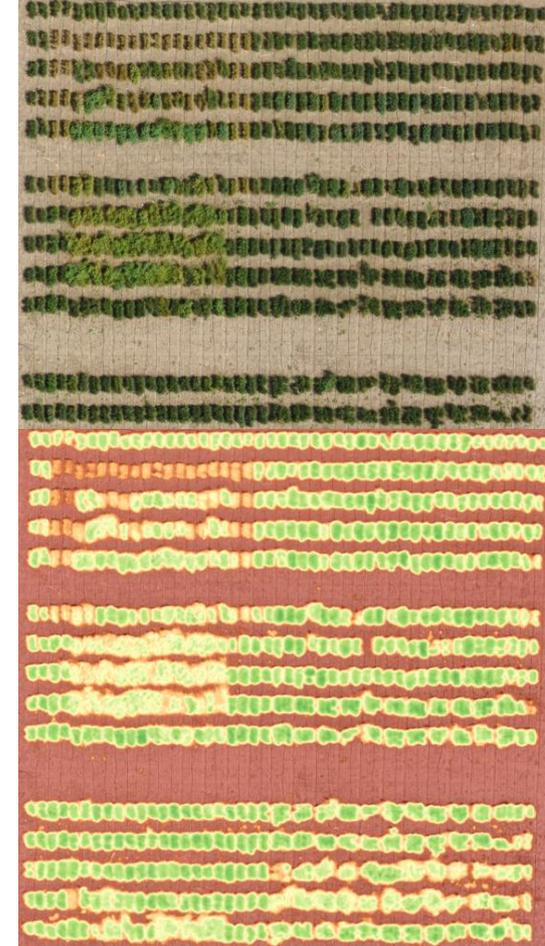
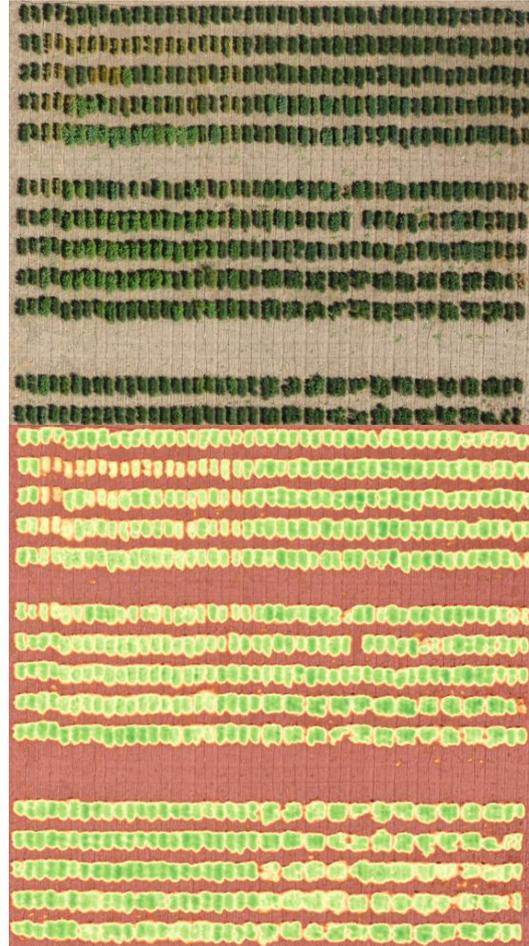
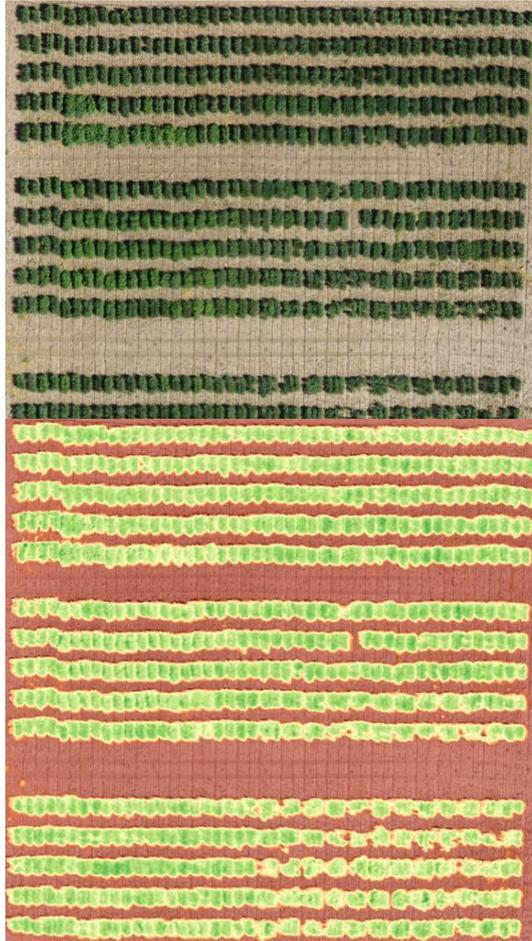
Genes que han perdido su efectividad frente a las razas presentes recientemente: Yr2, 6, 7, 9, 18, 25 y 32



Perspectivas futuras: imágenes multiespectrales para evaluación de roya amarilla en trigos 2021/22



Perspectivas futuras: imágenes multispectrales para evaluación de roya amarilla en trigos 2021/22



Roya parda o de la hoja: considerada la roya más extendida a nivel mundial

- Agente causante: *Puccinia triticina*
- La enfermedad se establece a temperaturas entre los 10 y 30 °C, siendo la T^a óptima de infección en torno a los 20 °C
- A principios de este siglo, enfermedad poco importante en trigo blando en España, al ser resistentes casi todas las variedades cultivadas
- El trigo duro se consideraba una especie más resistente a roya parda. Sin embargo en la campaña 2001/02 sufrió serias infecciones de esta roya en el Valle del Guadalquivir



Roya parda o de la hoja



- La resistencia codificada principalmente por genes mayores, *Lr*. La mayoría confieren RH, aunque algunos RP
- A partir del 2004 ataques de roya parda en España disminuyen por frecuente uso de fungicidas y expansión de variedades resistentes (con R basada fundamentalmente en *Lr72* y *Lr14a*)
- Aparición en España de una nueva raza virulenta en 2013 similar a la observada en 2009–11, pero virulenta sobre el gen *Lr14a*
- Reciente observación desde 2020 de la especie *P. triticina-duri* exclusiva sobre trigo duro

Incidencia de roya de la hoja en trigos 2021/22

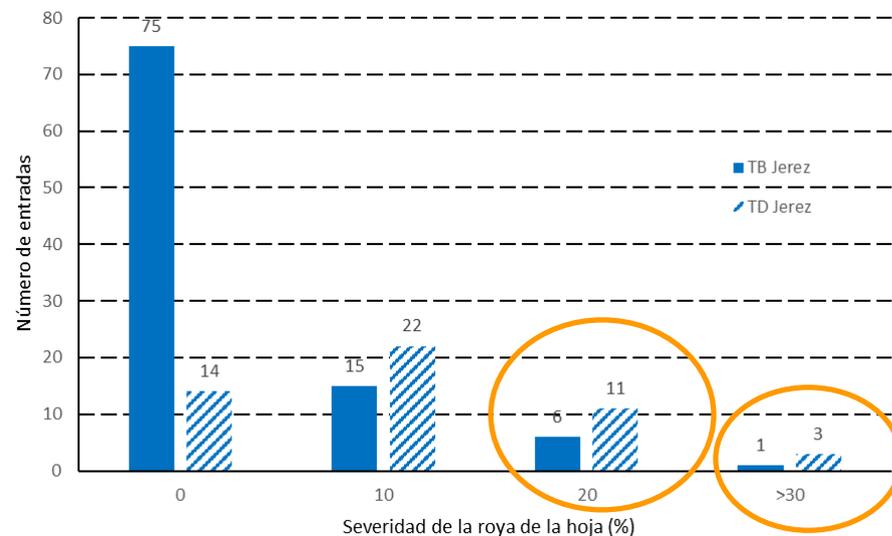


Trigo duro

Variedad	Jerez	Lebrija
AMILCAR (T)	10	10
ATHORIS (T)	0	40
AVISPA (T)	20	30
DON CRISTOBAL (T)	30	30
DON RICARDO (T)	5	0
EGEO	0	20
EURODURO (T)	20	20
FDN 15 DW 872	20	0
LG AVENSIS	10	20
OTTAVIANO	0	0
PROMITHEAS	10	0
RGT TACODUR	0	0
SCULPTUR (T)	5	20
SEMIDOU	0	0
SY ATLANTE	0	0
SY NILO	10	20
SY PRODIGO	0	0
TELEMACO	10	20
VERACE	5	20

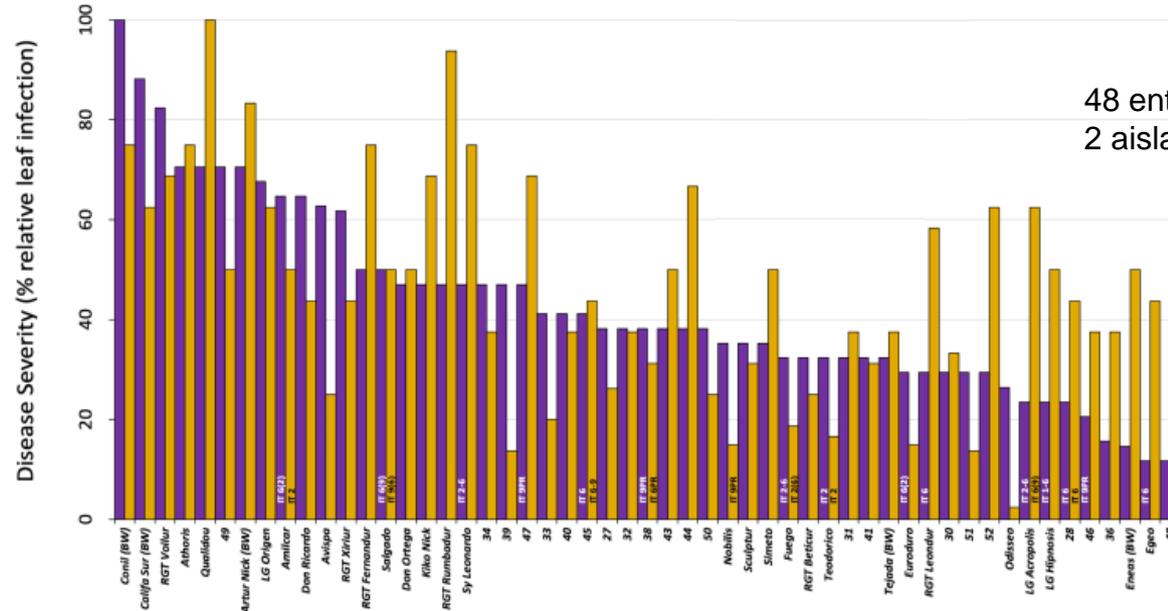
Trigo blando

Variedad	Jerez	Lebrija
ARTUR NICK (T)	0	0
CALIFA (T)	0	0
CONIL (T)	0	0
ECODESAL	50	30
ESPERADO	20	20
LG ACORAZADO (T)	0	20
LG REVENTÓN	20	20
LG VENCEDOR	0	0
MONTEMAYOR	0	0
RGT PANIGALE	10	30
RGT STYVAR	0	0
RGT TOCAYO (T)	20	20
SANTAELLA	0	0



100 var. Trigo blando
50 var. Trigo duro

Perspectivas futuras: Cambio climático



Selección de 3 entradas para estudios en condiciones de CC

Susceptible, Resistencia parcial, Resistencia hipersensible



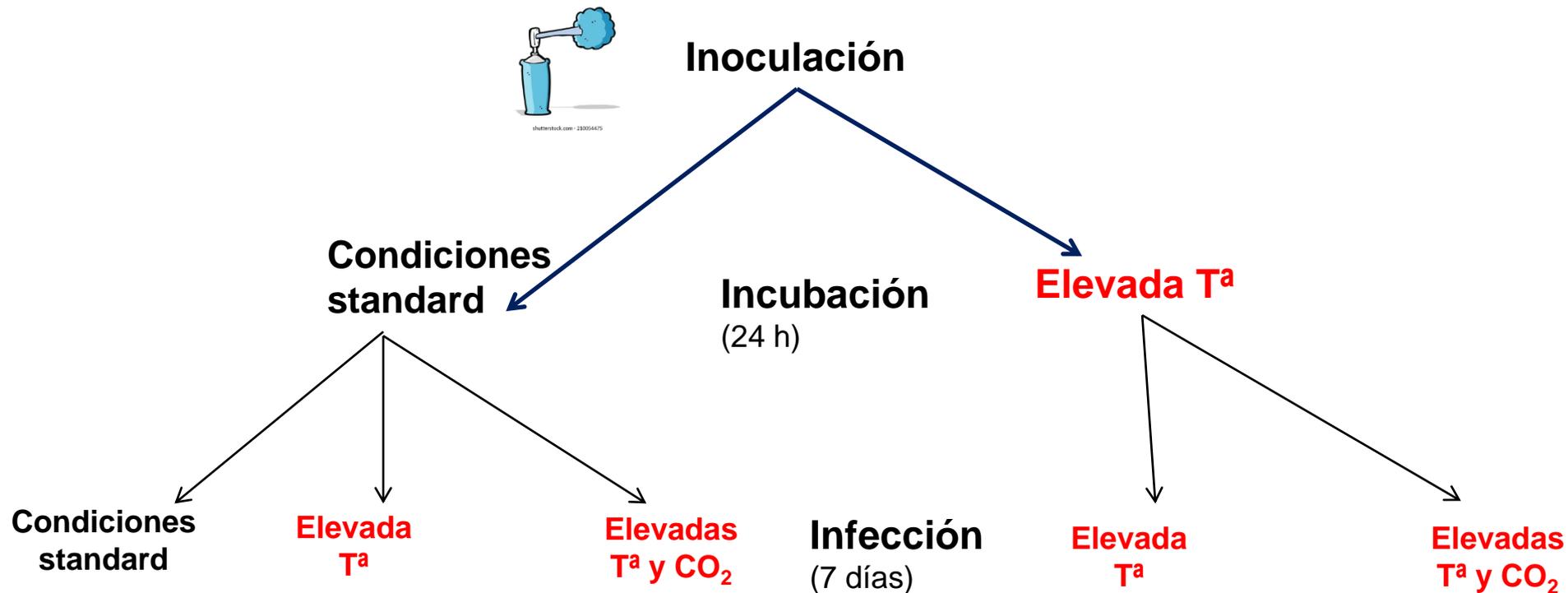
II SPANISH SYMPOSIUM
ON PHYSIOLOGY AND
BREEDING OF CEREALS

CORDOBA 6-7 MARCH 2019

Preliminary evaluation of a collection of durum wheat
accessions against two isolates of *Puccinia triticina*



Perspectivas futuras: Cambio climático

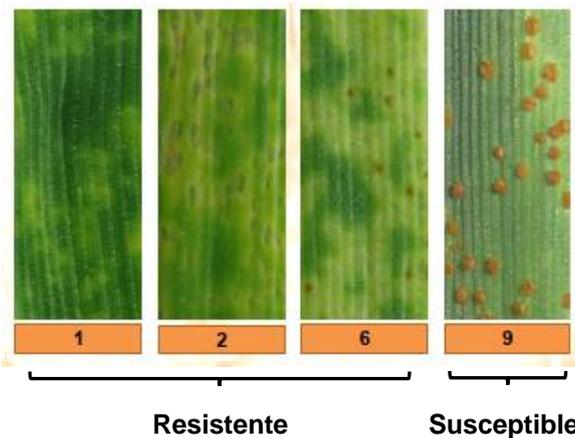




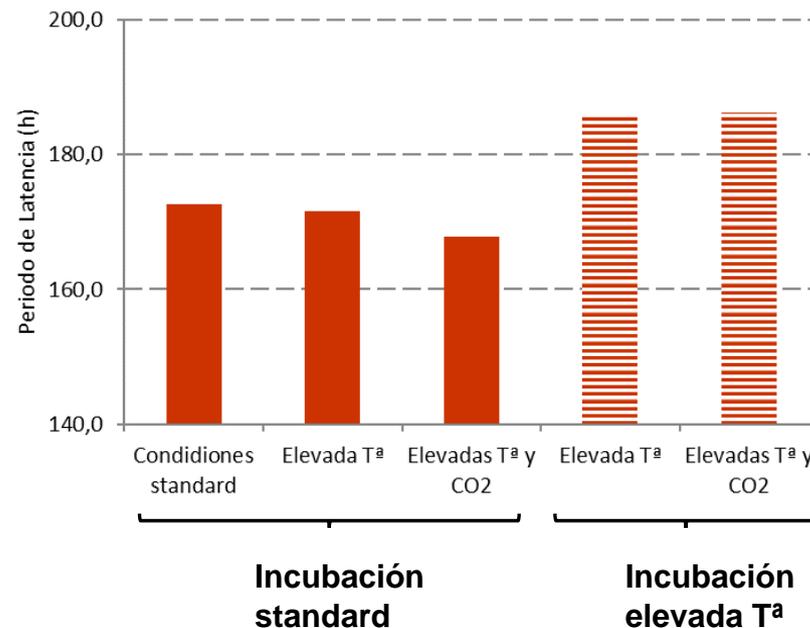
Perspectivas futuras: Cambio climático

Evaluación de
parámetros
macroscópicos

Tipo de Infección



Periodo de Latencia (entrada susceptible)



Roya del tallo: en la antigüedad considerada la roya más destructiva

- Agente causante: *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*
- La enfermedad se establece a temperaturas entre los 15 y 35 °C, con una T^a óptima de infección sobre 25 °C
- Enfermedad muy importante en España en el periodo de las décadas de años 40s a 60s
- Drástica reducción de la enfermedad en los años 70, por la introducción de variedades de CIMMYT, de ciclos más cortos y portadoras de resistencia parcial



Roya parda del tallo

- La resistencia codificada principalmente por genes mayores, *Sr*
- Enfermedad que casi se consideraba erradicada. Alarma internacional por aparición de la raza virulenta Ug99 en Uganda, que se extiende por todo el Este de África
- Como en España la roya del tallo no ha sido un problema desde la década de los '70, se ha realizado poco esfuerzo en la mejora por Resistencia para este patógeno
- En Andalucía, aparición muy reciente (campaña 2019/20) de roya del tallo en trigos duro y blando (efectivos los genes *Sr13* y *Sr 31* si epidemias no muy severas)



Incidencia de roya del tallo en trigos 2021/22

Trigo duro



Trigo blando

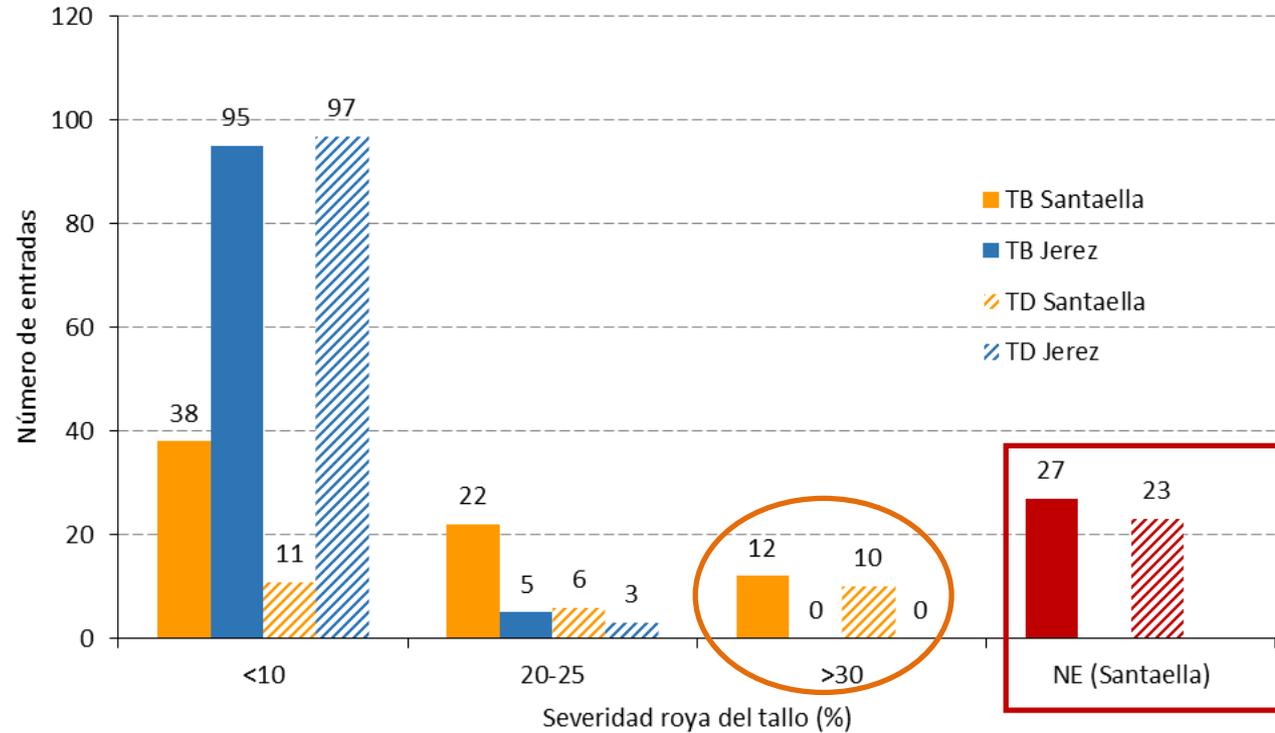
Variedad	Lebrija
ARTUR NICK (T)	0
CALIFA (T)	0
CONIL (T)	0
ECODESAL	0
ESPERADO	30
LG ACORAZADO (T)	0
LG REVENTÓN	0
LG VENCEDOR	0
MONTEMAYOR	10
RGT PANIGALE	20
RGT STYVAR	0
RGT TOCAYO (T)	50
SANTAELLA	0

Variedad	Jerez	Lebrija
AMILCAR (T)	0	0
ATHORIS (T)	40	15
AVISPA (T)	0	0
DON CRISTOBAL	0	0
DON RICARDO (T)	0	0
EGEO	0	0
EURODURO	30	40
FDN 15 DW 872	0	0
LG AVENSIS	20	20
OTTAVIANO	0	0
PROMITHEAS	0	0
RGT TACODUR	0	0
SCULPTUR (T)	20	10
SEMIDOU	0	0
SY ATLANTE	0	0
SY NILO	30	15
SY PRODIGO	0	0
TELEMACO	0	0
VERACE	20	15



Incidencia de roya del tallo en trigos 2021/22

100 var. Trigo blando
 50 var. Trigo duro
 2 localidades





Junta de Andalucía

Consejería de Agricultura, Pesca,
Agua y Desarrollo Rural

Instituto Andaluz de Investigación
y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria
y de la Producción Ecológica



www.ifapa.es