



2ª JORNADA NACIONAL DE

CULTIVOS DE INVIERNO

5 y 6 de ABRIL 2022

Coorganizan:



ESTRATEGIAS PARA MINIMIZAR EL RIESGO DE FUSARIOSIS DE LA ESPIGA Y TOXINAS ASOCIADAS



Silvia Pereyra y Carlos A. Pérez



¿Qué es la Fusariosis de la espiga?

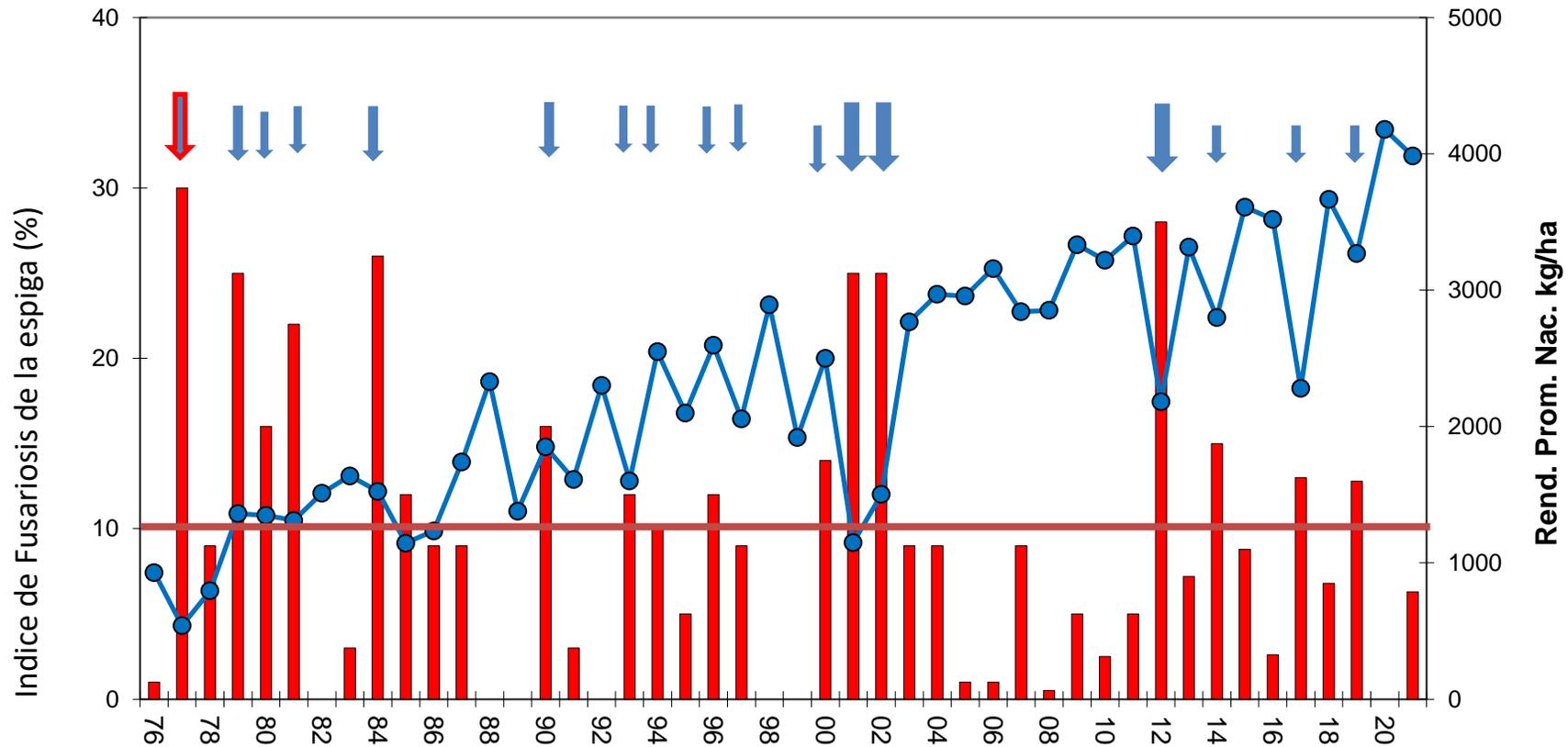


- Infecta a la espiga
- Reduce rendimiento (hasta 31% en trigo y 14% en cebada)
- Reduce calidad (menor PH, menor almidón y proteínas)
- Acumulación de micotoxinas en grano (DON, NIV, ZEA)

Díaz y Kohli (1997), Díaz y Pereyra (2010)
Pereyra y Acosta 2014)



Fusariosis de la espiga en distintas localidades y rendimientos nacionales promedio (1976-2021)

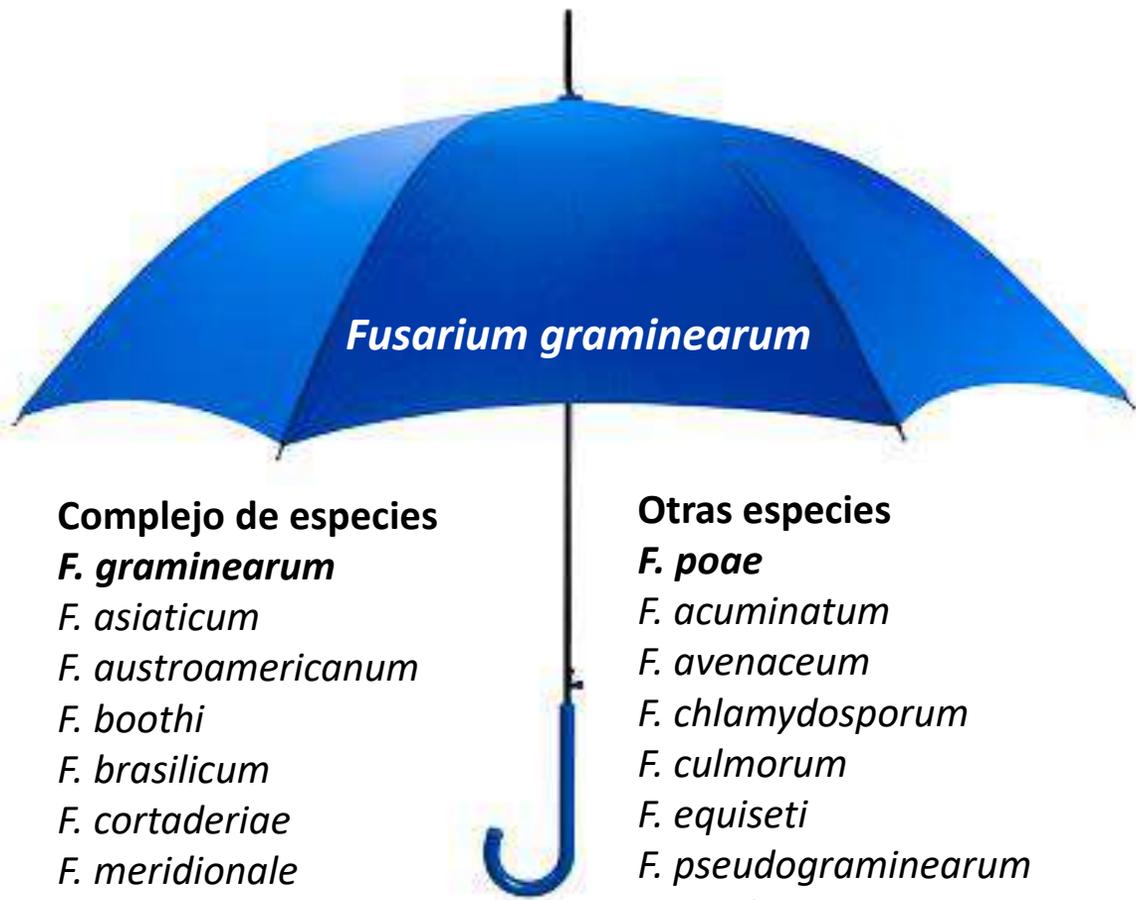


Fuente: S. Pereyra

Frecuencia de Epidemias: una cada 2 - 3 años



¿Quien la causa?



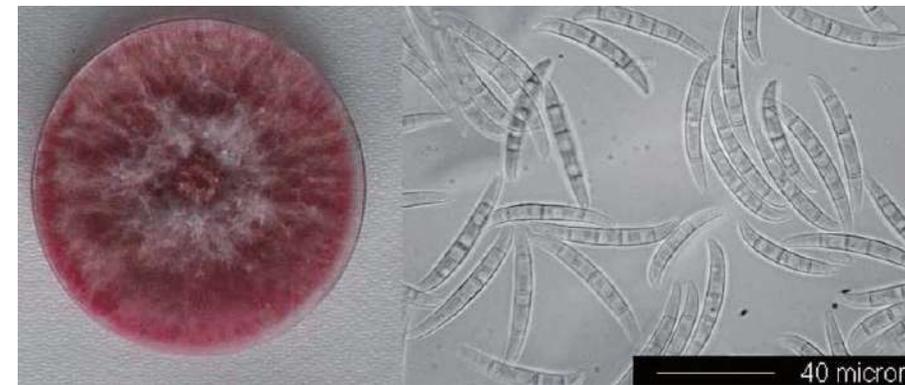
Complejo de especies

- F. graminearum*
- F. asiaticum*
- F. austroamericanum*
- F. boothi*
- F. brasilicum*
- F. cortaderiae*
- F. meridionale*

Otras especies

- F. poae*
- F. acuminatum*
- F. avenaceum*
- F. chlamyosporum*
- F. culmorum*
- F. equiseti*
- F. pseudograminearum*
- F. sambucinum*
- F. semitectum*
- F. tricinctum*
- Otras

Pereyra *et al.* (2006); Cabrera (2009); Pereyra y Dill-Macky (2010); Umpierrez *et al.* (2013); Garmendia *et al.* (2018)



40 micron

Pancaldi *et al.*, 2010



<https://www.graincentral.com/>



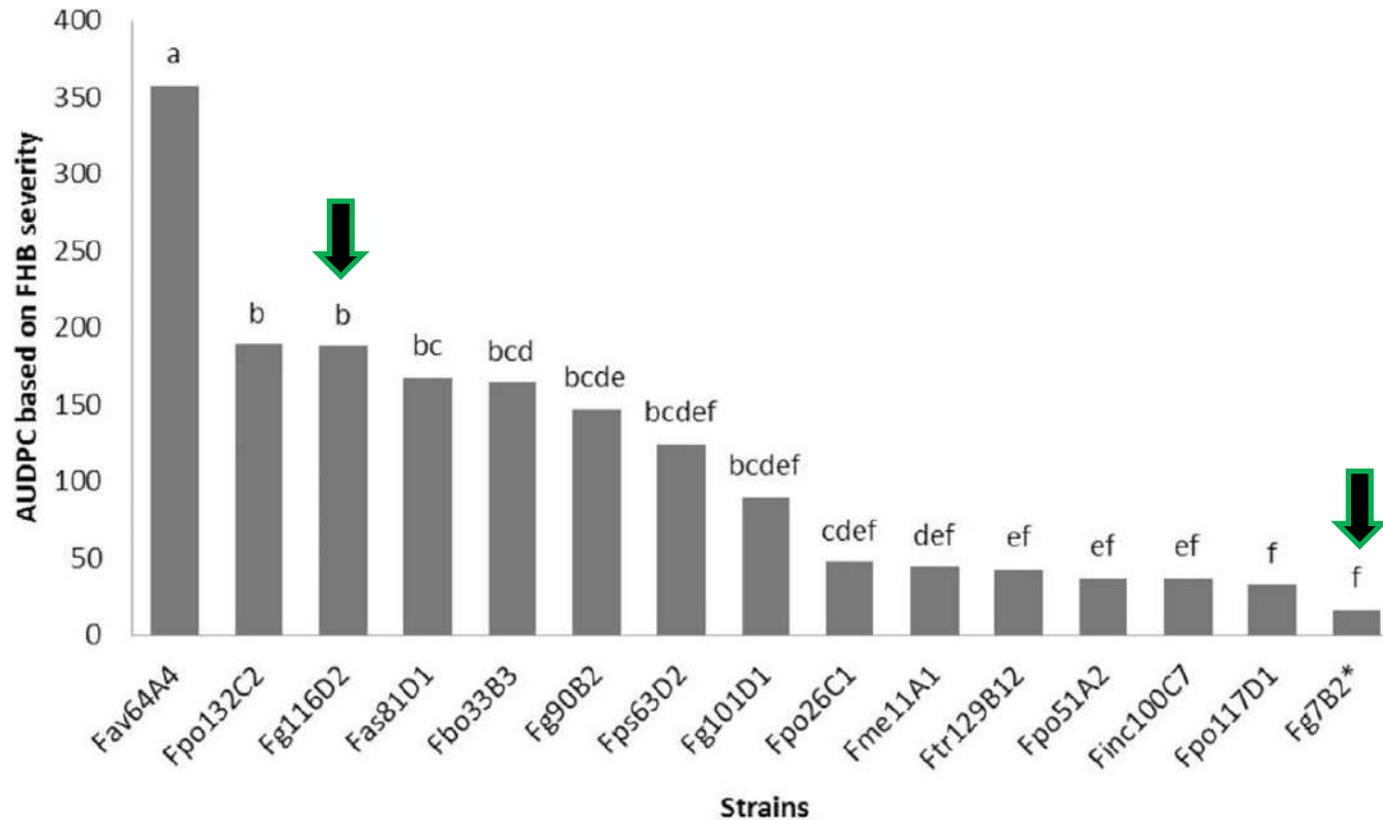
Ballois, 2012



¿Por qué importa conocer la composición de la población?

Diferencias en la agresividad

Diversidad en agresividad de especies y cepas de *Fusarium* presentes en cebada - Uruguay



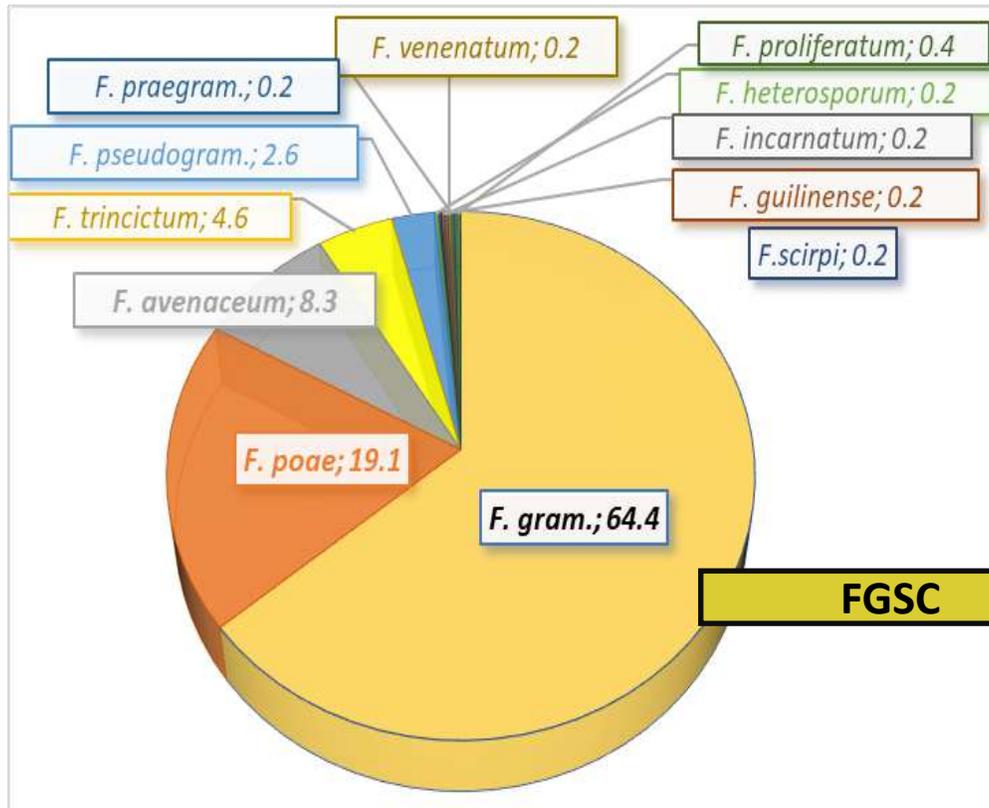
- F. av: *Fusarium avenaceum*
- F. as: *Fusarium asiaticum*
- F. bo: *Fusarium boothi*
- F. g.: *Fusarium graminearum*
- F. me: *Fusarium meridionale*
- F. po.: *Fusarium poae*
- F. ps: *Fusarium pseudograminearum*



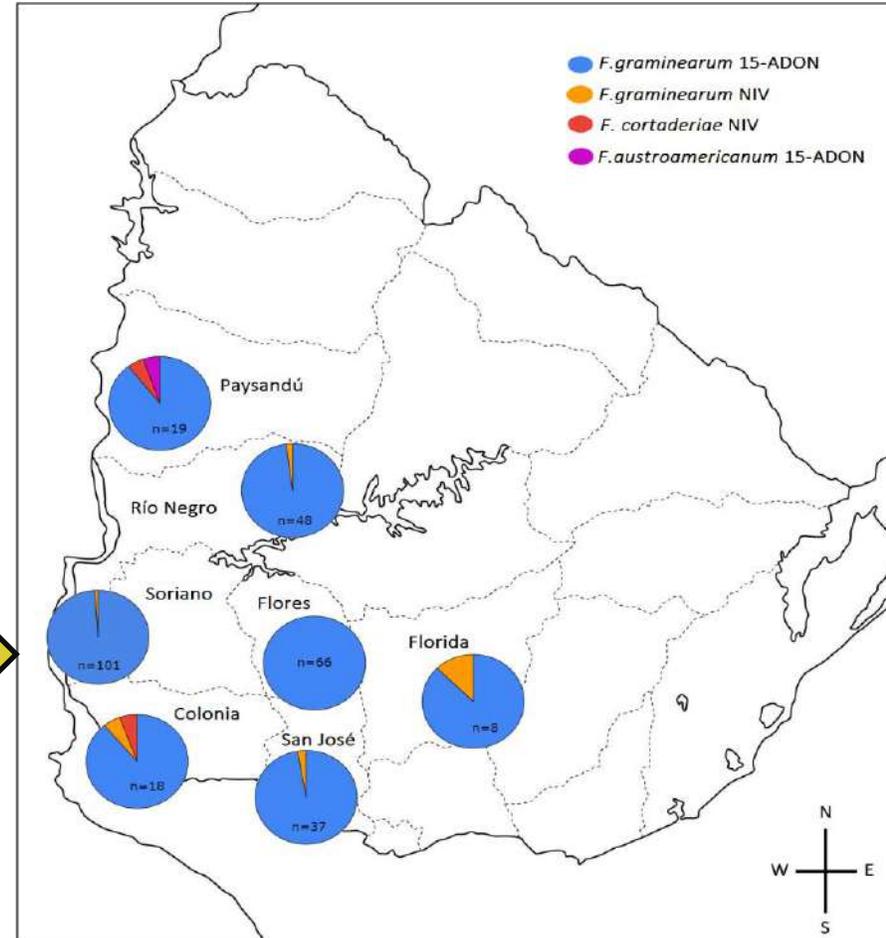
¿Por qué importa conocer la composición de la población?

Condiciona las micotoxinas problema

Diversidad de especies de Fusarium - Trigo zafra 2018



FGSC →



DON: regulada
harina de trigo
(Decreto
533/2001)

ZEA: regulada en
grano cebada
(Reg.
Bromatología)

NIV: no regulada

Brancatti *et al.* (s.p.)

Epidemiología

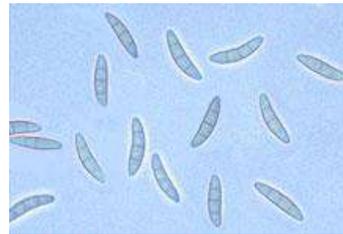
Dónde está el inóculo?

Rastrojo de cultivos susceptibles (trigo, cebada, maíz, entre otros cultivos y malezas)

Cómo se disemina?



Ascosporas



- Necesita lluvias para ser liberadas y viento para ser transportadas
- Inóculo zonal

Macroconidios



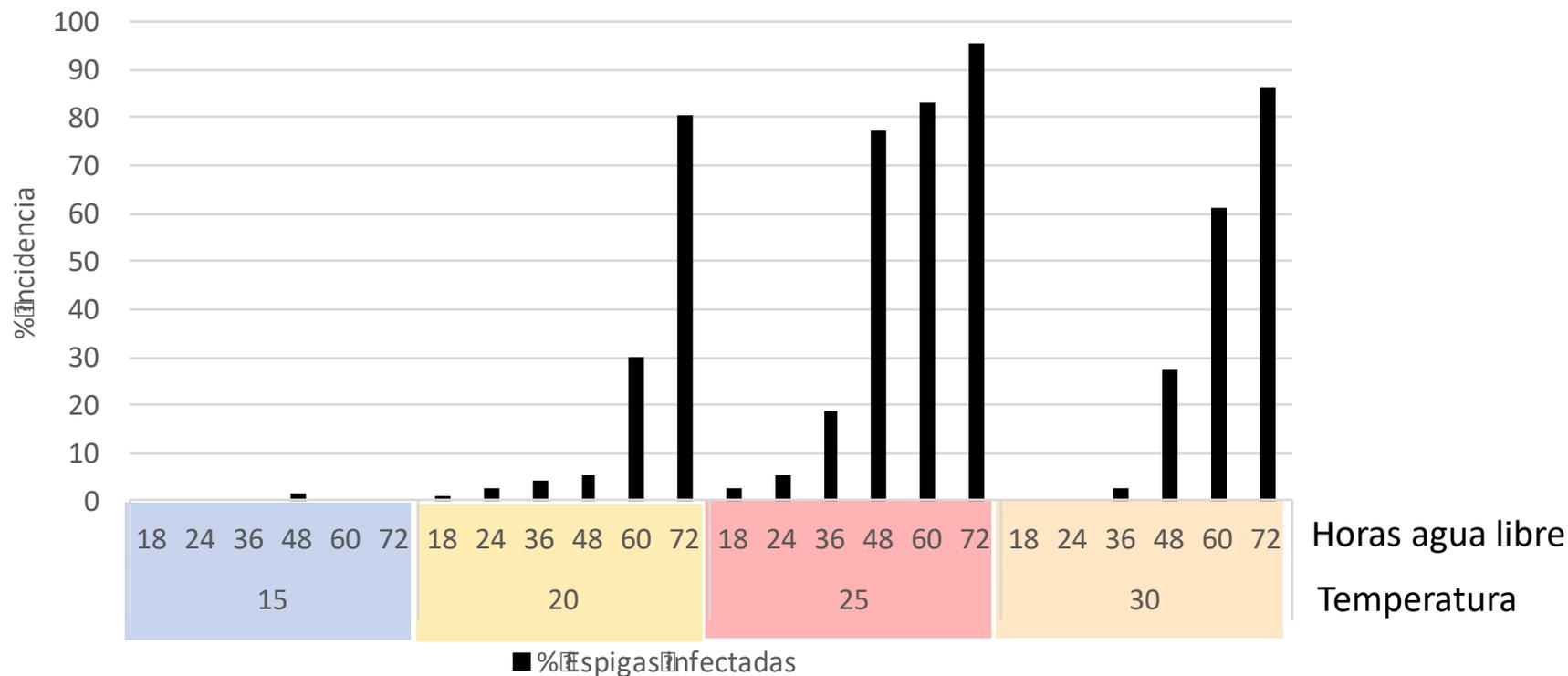
- Necesita lluvias para ser liberadas y transportadas por salpicado
- Inóculo local



¿Qué condiciones favorecen la infección?



Período crítico para la fusariosis de espiga (*Fusarium graminearum*)

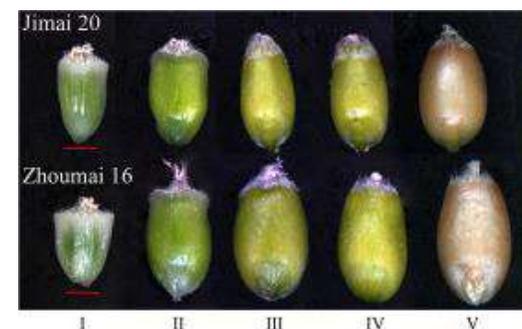
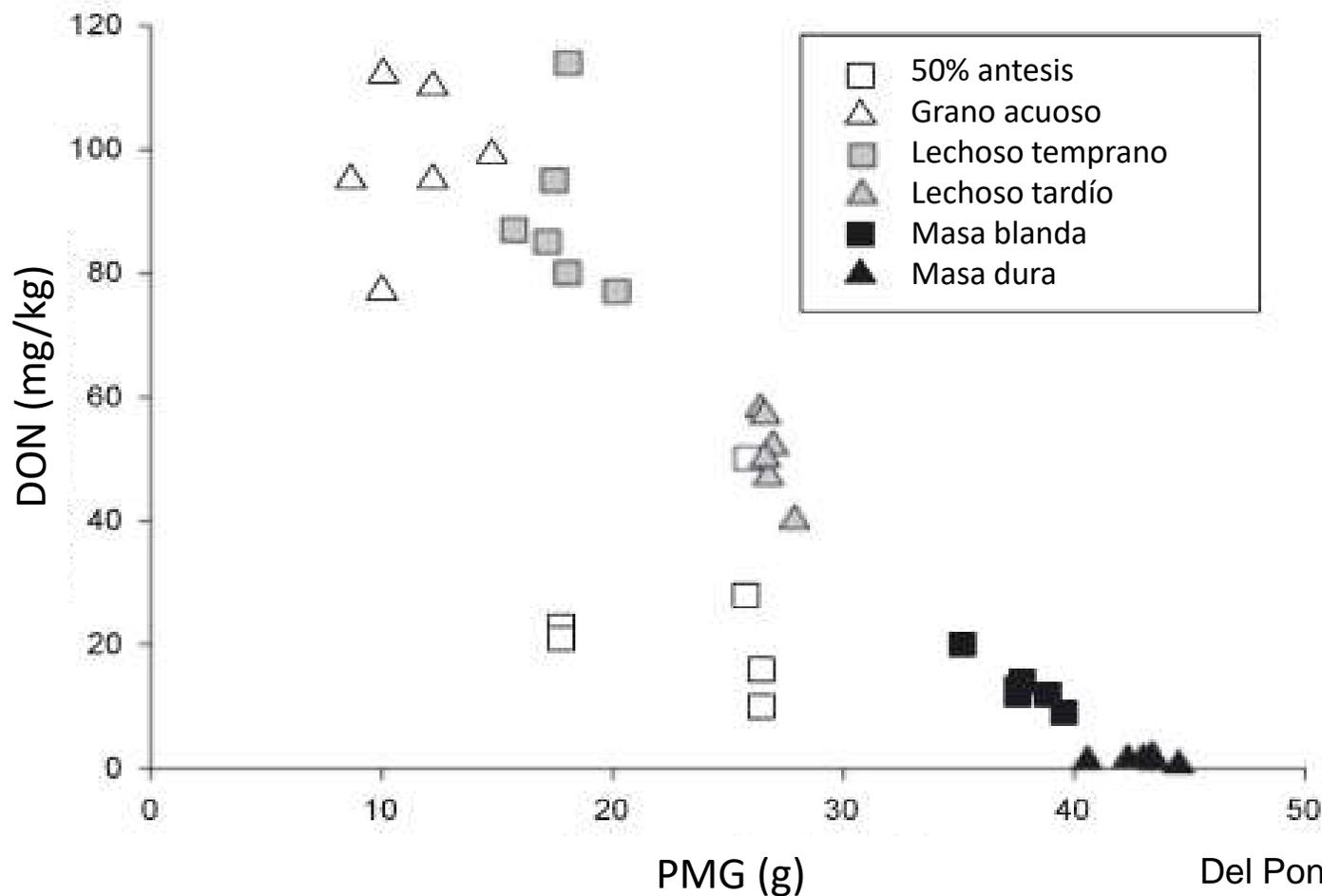


Andersen, 1948



¿Cuándo puede ocurrir la infección?

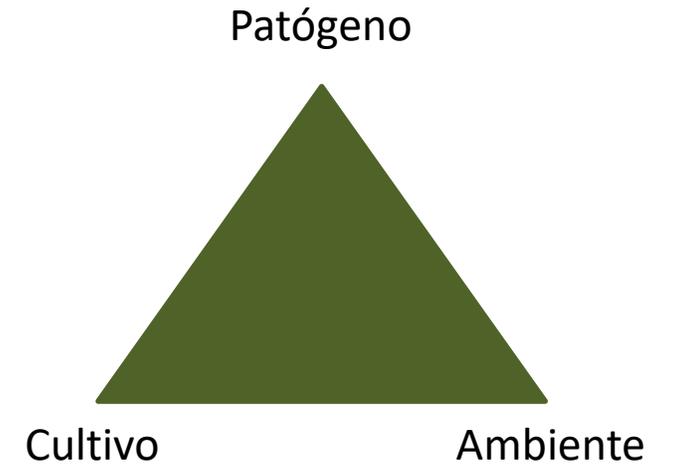
Efecto del momento de infección sobre el peso del grano y acumulación de DON



Del Ponte et al., 2007

¿Por qué es tan difícil manejar esta enfermedad?

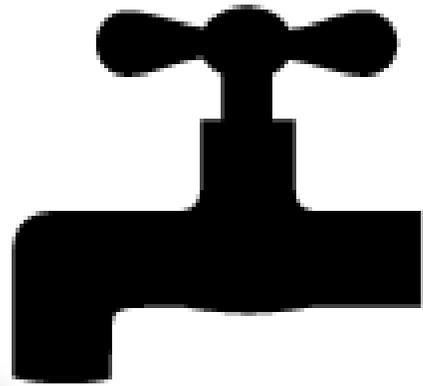
- Diversidad de la población del patógeno
- Dificultad de controlar el inóculo
- “Largo” período de susceptibilidad del cultivo
- Imposibilidad de manejar las condiciones ambientales



Enfoque en minimizar el riesgo de ocurrencia



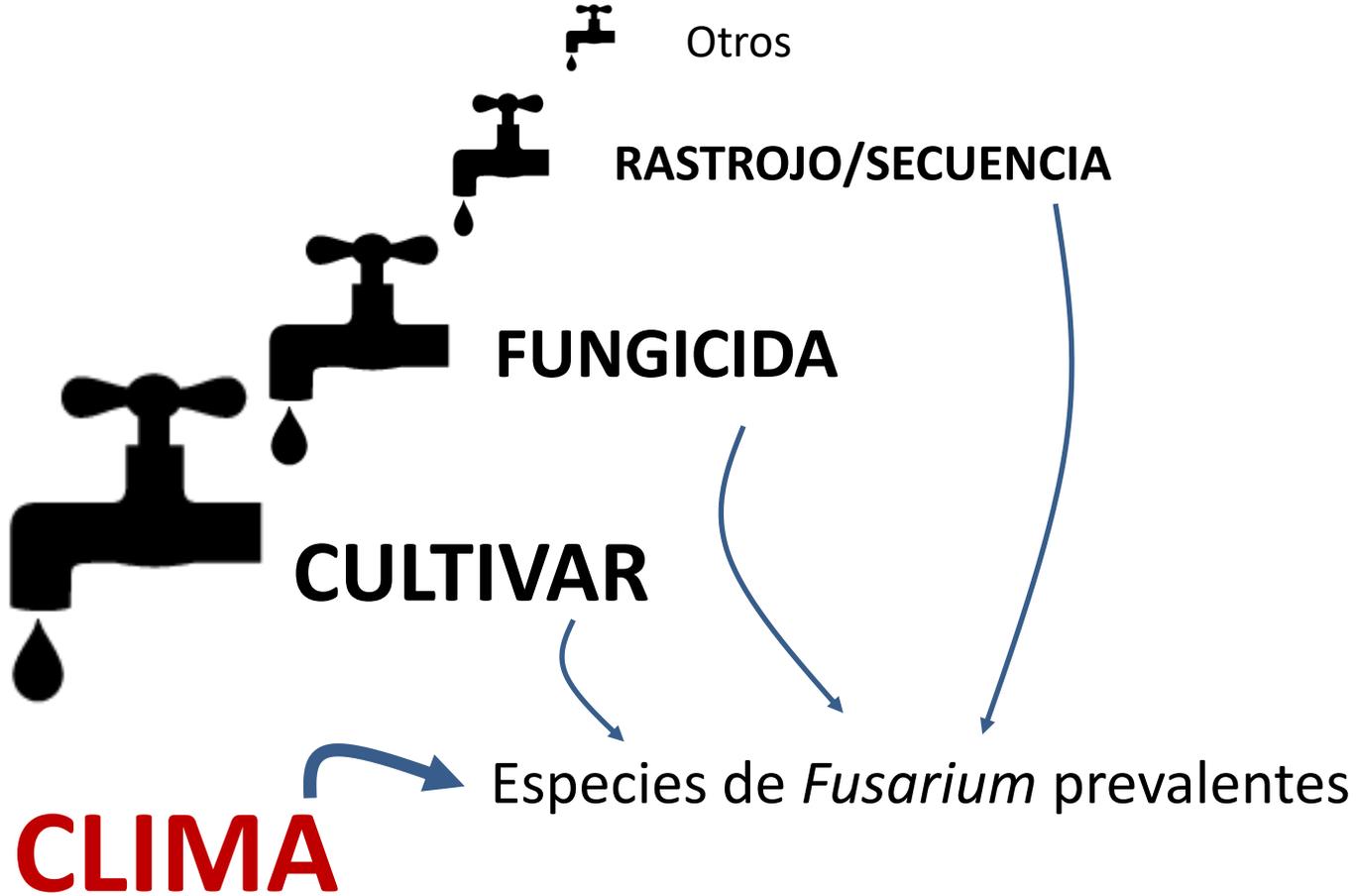
Contribución de distintos factores al contenido de MICOTOXINAS en el grano



NIV

DON

ZEA

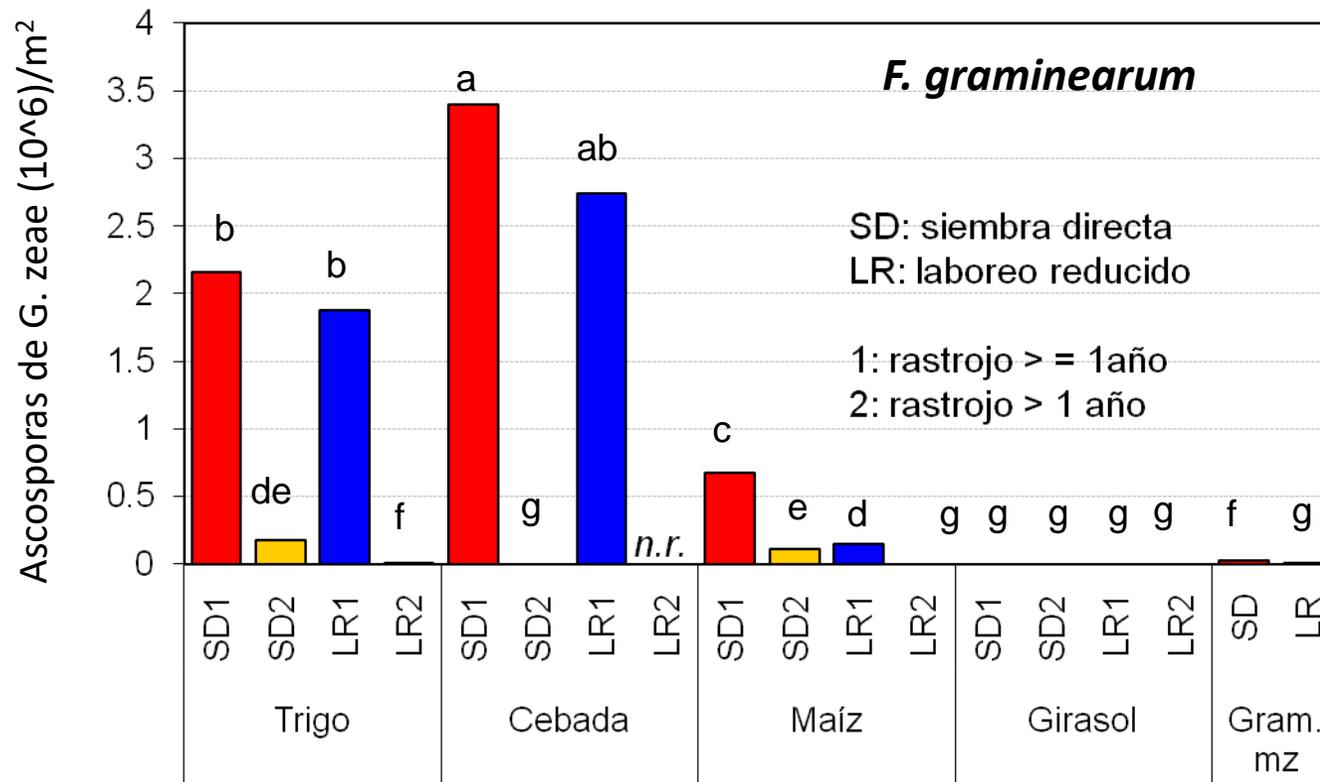


Enfoque en minimizar el riesgo de ocurrencia = **MANEJO INTEGRADO**



RASTROJO

CONTRIBUCION DE INÓCULO PRIMARIO



Pereyra y Dill-Macky (2008)

Rastrojo de soja: contribuye inóculo en menor proporción que rastrojos de trigo y cebada infectados (Pereyra *et al.*, 2012)

Rastrojo infectado sólo tiene efecto en situaciones con condiciones menos favorables para infección y desarrollo de FE



CULTIVAR RESISTENTE

- MULTIGÉNICA, DISTRIBUIDOS EN TODO EL GENOMA, ADITIVOS
- ALTAMENTE DEPENDIENTE DEL AMBIENTE
- MECANISMOS DE RESISTENCIA INVOLUCRADOS:

1: resistencia a la infección

2: resistencia a la colonización

3: resistencia a la infección del cariopse (grano)

4: tolerancia

5. resistencia a toxinas:

A. detoxificación (ej. DON a forma glicosilada, otros-Fhb7)

B. resistencia a que del hongo produzca toxina



Schroeder and Christensen, 1963; Miller y Arnison (1986), Wang y Miller (1988), Mesterhazy 1995; Mesterhazy 2003

CONCLUSIÓN: Se puede llegar a un mismo contenido de toxina por distintas vías, explicado por distintos factores en cuanto al comportamiento del cultivar

COMPORTAMIENTO DE CULTIVARES DE TRIGO FRENTE A FE

Cultivares*	FE
GENESIS 6.87	3
BAGUETTE P11	4
GENESIS 5.55	4
MAITEN	4
MS INTA 119	4
GENESIS 2375	5
GENESIS 4.33	5
GENESIS 5.66	5
GENESIS 6.28	5
GENESIS 6.38	5
GUAYABO	5
LG 1815	5
LG 1908	5
PEHUÉN	5
RGT QUIRIKO	5
SAUCE	5
SY 211	5

Cultivares*	FE
BAGUETTE 620	6
BASILIO	6
EXP ACA-5	6
KLEIN NUTRIA	6
LG 1801	6
LG ZAINO	6
NST BERRETIN	6
ÑANDUBAY	6
SY 200	6
ALAMO	7
TBIO AUDAZ	7
920 (OLIVO)	8
CEIBO	9
GINGKO	9
JACARANDA	9
LG ARLASK	9
SY 330	9



1: resistente
9: susceptible

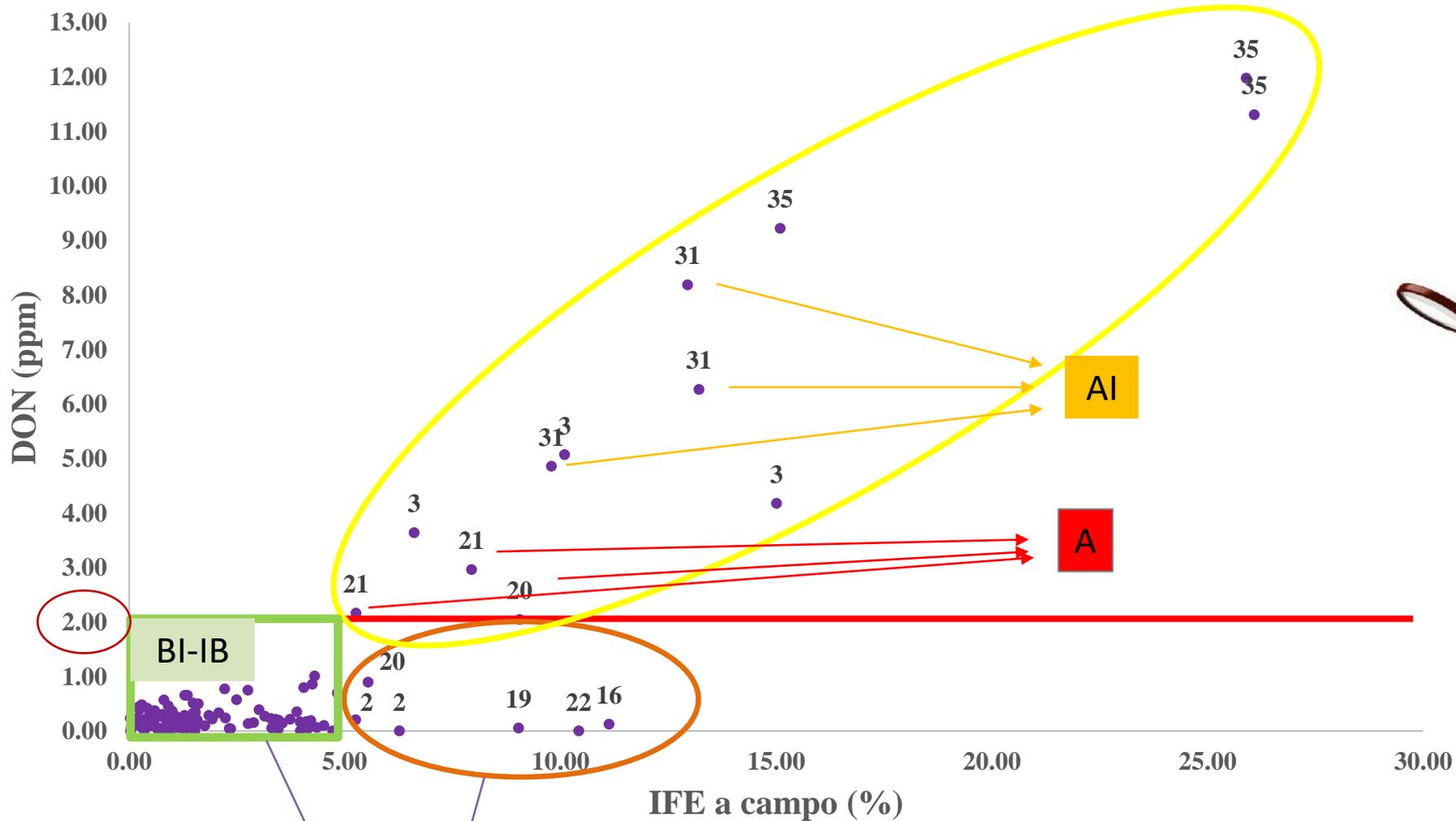


* Más de 3 años en evaluación

Modificado de Castro *et al.* (2021); Castro *et al.* (2022)

www.inia.uy

¿La resistencia impacta realmente en el contenido de DON?



Francia (2021)

Todas las categorías de resistencia



¿La resistencia impacta realmente en el contenido de DON?

Granos con *Fusarium* (FDK) y contenido de DON según el comportamiento frente a FE de cultivares en producción

SUSCEPTIBILIDAD DE CULTIVARES A FE	2012 n=85		2013 n= 109		2014 n= 75	
	FDK (%)	DON (ppm)	FDK (%)	DON (ppm)	FDK (%)	DON (ppm)
A,AI,IIA,IA	8.61	9.3	1.58	2.5	2.39	4.2
I	5.90	5.8	1.27	2.2	2.03	3.4
BI,IB	3.16	3.0	0.82	0.9	1.31	2.0
RELEVAMIENTO NACIONAL (MNT)	4.79	6.2	1.51	2.3	1.90	2.3

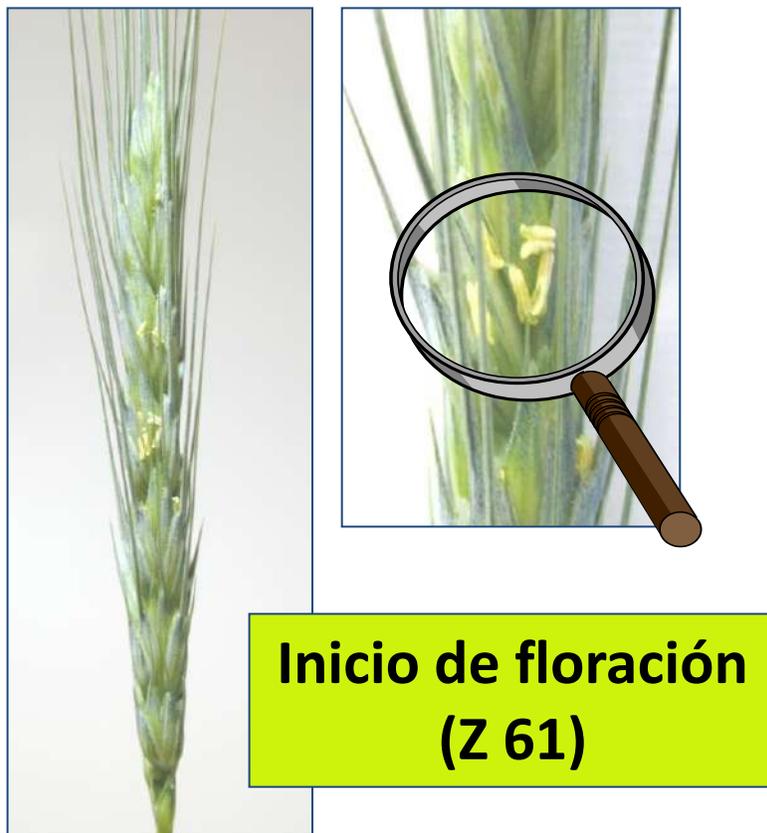
Pereyra et al. (2018)

Su impacto depende de la presión de enfermedad



FUNGICIDAS

Momento de aplicación único óptimo: a inicio de floración (Z61)
2 aplicaciones (Z61+Z65): más eficiente porque se cubre una mayor proporción de espigas en estado óptimo



TWINJET® 60º



Eficiencia de fungicidas para FE en TRIGO (INIA La Estanzuela, 1998-2021)

Ingrediente activo (<i>nombre comercial evaluado</i>)	Dosis (l/ha)	FUS
Carbendazim + epoxiconazol (<i>Swing</i>)	0,75-1,0	I
Metconazol + epoxiconazol (<i>Swing Plus</i>)	1.5	A
Tebuconazol+carbendazim (<i>Orius 25+Carbendaflow50</i>)	0,75+0,5	IA
Tebuconazol (<i>Orius 250 EW</i>)	0.75	I
Tebuconazol (<i>Silvacur 25 EW</i>)	0.7	IA
Protioconazol+tebuconazol (<i>Prosaro</i>)	0.75	A

Pereyra y González (2022)

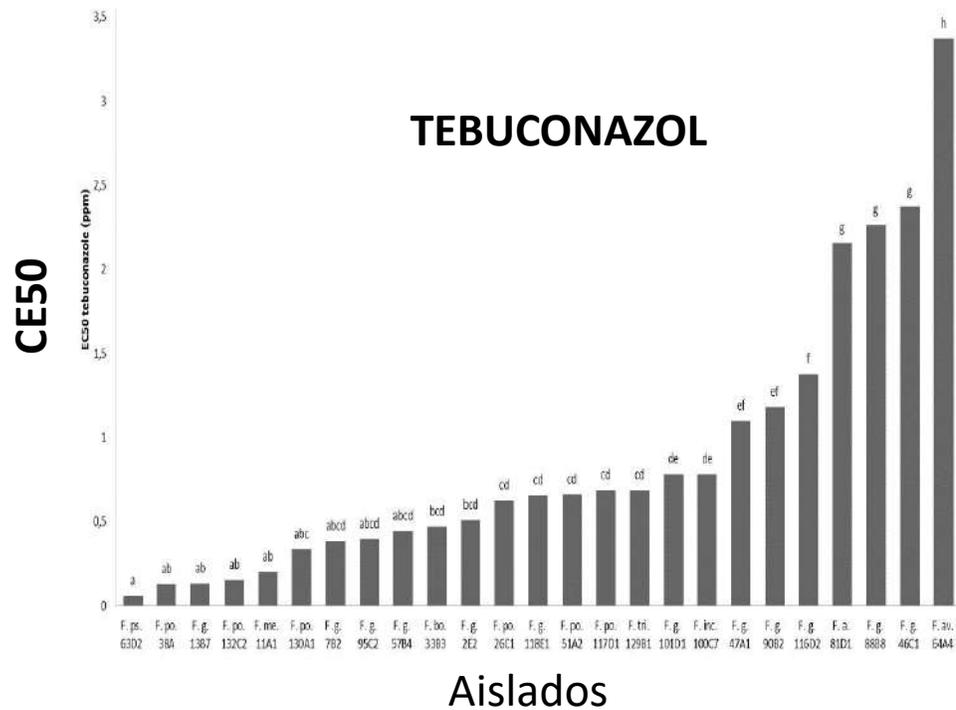
www.inia.uy

Algunas mezclas con estrobilurinas pueden controlar FE pero no necesariamente impedir la producción de DON



Sensibilidad a triazoles

Monitoreo de CE50 en aislados de especies de *Fusarium* en granos de cebada (zafra 2012)



CE50: concentración efectiva que afecta al 50 % de la población del hongo

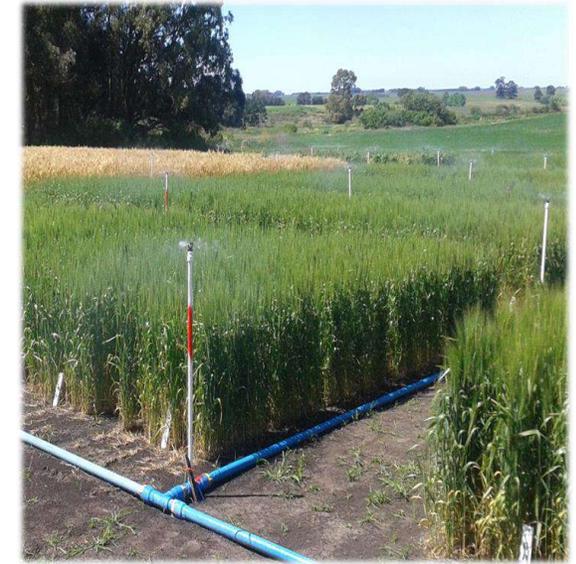
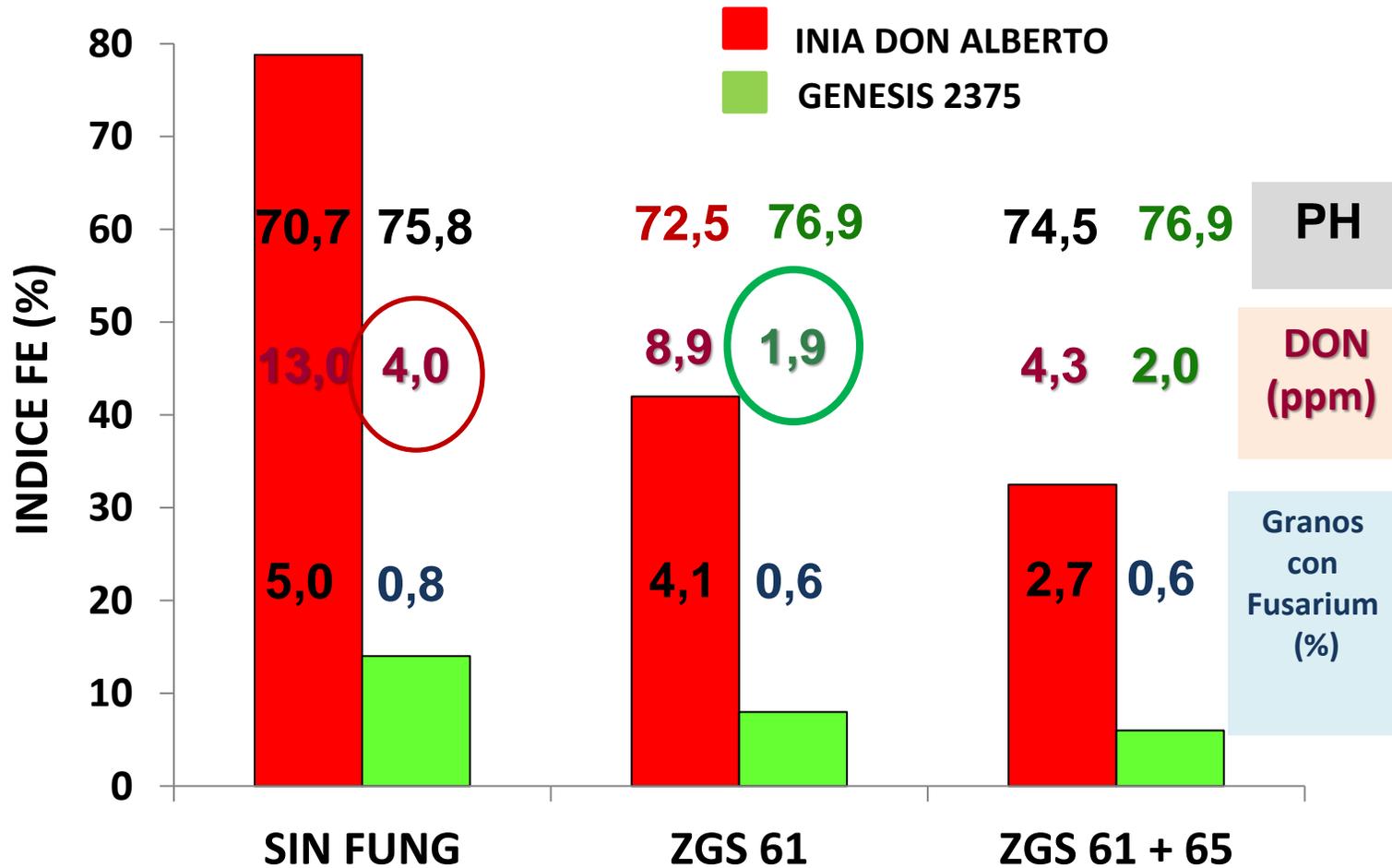


Garmendia et al. (2018)

- Ningún aislado presentó resistencia
- Sensibilidad a metconazol fue mayor que a tebuconazol.
- Correlación positiva entre ellos: **importancia del monitoreo periódico.**



CULTIVAR * MANEJO DEL FUNGICIDA



Pereyra et al. (2016)

CULTIVAR * MOMENTO DE APLICACIÓN * FUNGICIDA en FE, FDK, DON y residuos de fungicidas en grano

4 AMBIENTES: 2018 y 2019, 2 épocas de siembra

Factor	AUDPC (FE)	FDK (%)	DON (ppm)
CULTIVAR**			
INIA D.ALBERTO (S)	195.3^a	7.3^a	10.1^a
GENESIS.6.87 (MR)	43.5^b	2.0^b	2.9^b
FUNGICIDA			
PROSARO	128.4^a	5,0	6.9
SWING PLUS	110.4^b	4.3	6.1
MOMENTO*			
ZGS61	79.6^b	4.5^{ab}	4.9^b
ZGS65	80.8^b	3.5^b	5.0^b
ZGS71	197.8^a	6.0^a	9.7^a

Sevillano et al. (s.p.)

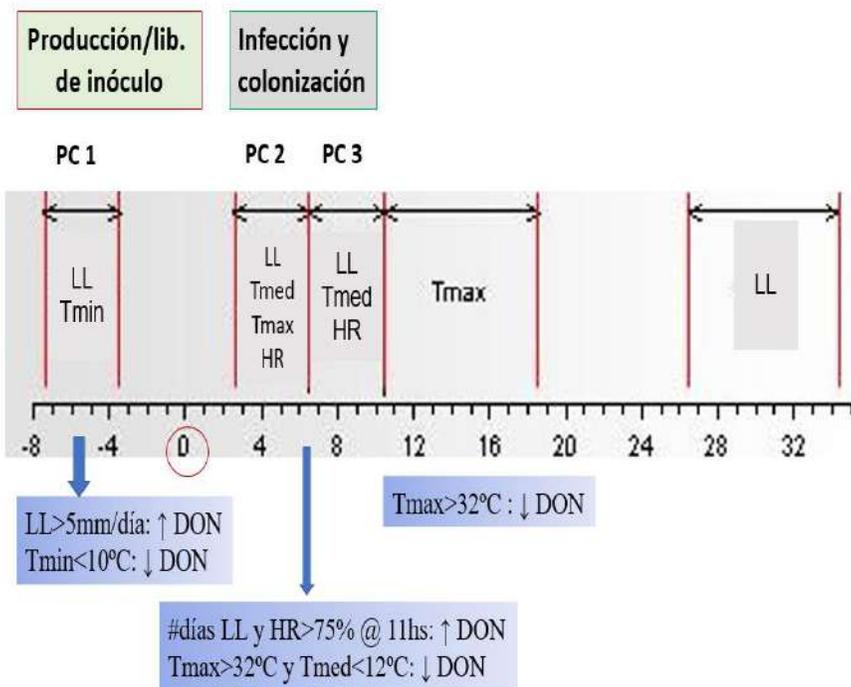
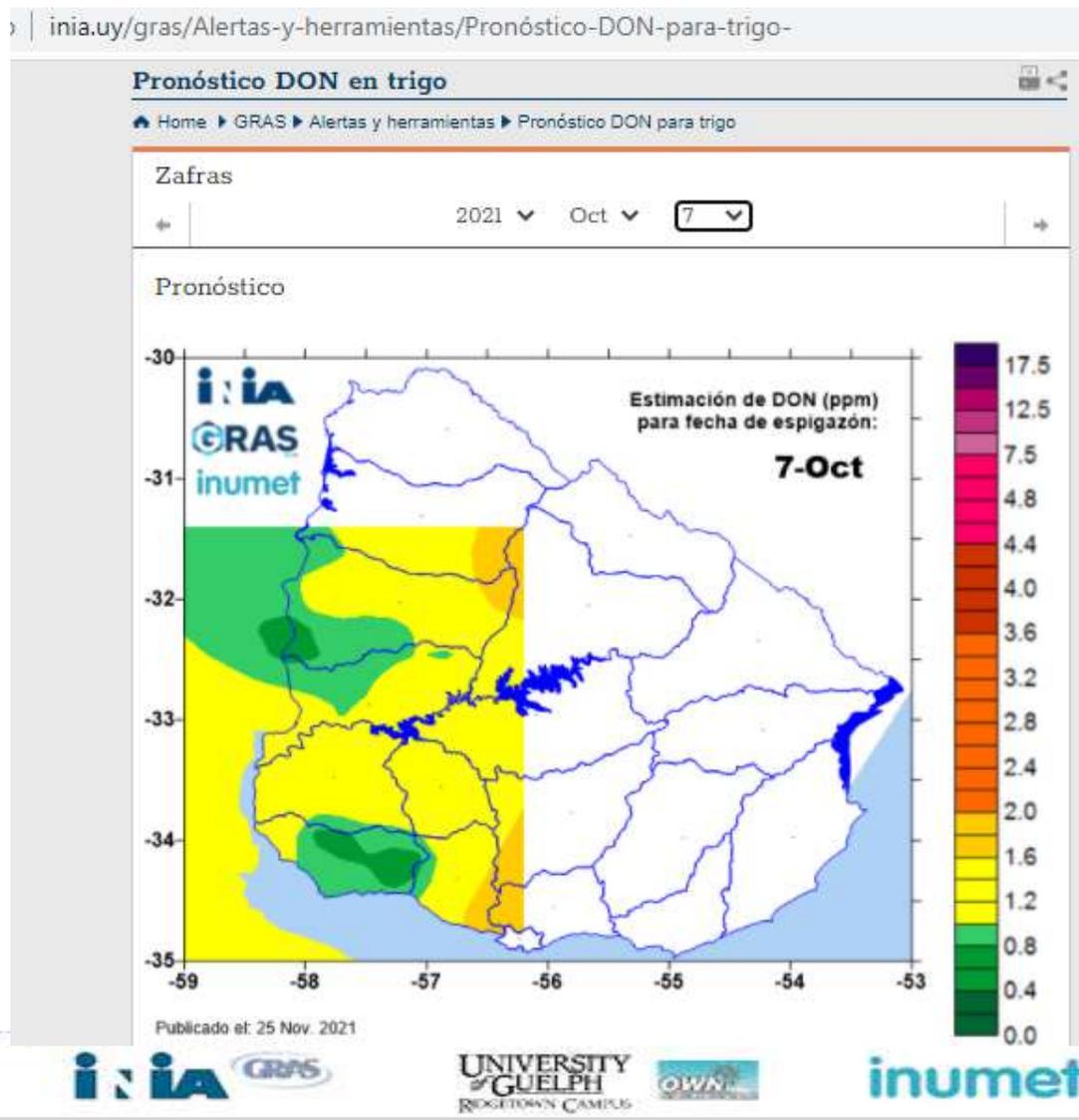
Factor	$\sqrt{\text{AUDPC}}^1$	FDK ²	DON ¹⁻³
CULT	<0.0001	<0.0001	<0.0001
FUNG	0.0073	0.1434	0.5153
MOM	<0.0001	0.0124	0.0032
CULT×FUNG	0.1058	0.6394	0.9808
CULT×MOM	<0.0001	0.6874	0.0615
FUNG×MOM	0.2322	0.8654	0.8884
CULT×MOM×FUNG	0.3937	0.9686	0.8126

RESIDUOS DE FUNGICIDAS EN GRANO:

- **Epoxiconazol:** en el 19% de las muestras analizadas (10 µg/kg a 24 µg/kg) pero < LMR 600 µg/kg (CE, 2011)
- **Metconazol:** en una muestra (14 µg/kg) < LMR 150 µg/kg (CE, 2016)

DQL, CENUR

SISTEMAS DE PREDICCIÓN





OTRAS HERRAMIENTAS en cosecha y post-cosecha

- **Cosecha:**

- 1° zonas con menor FE
- Ajuste viento y zarandas de cosechadora: útil en años epidémicos - grano con 69% menos DON, 13% merma en rendimiento
- Segregar lotes con mayor infección

- **Recibo:**

- Segregación por granos con *Fusarium*
- Análisis rápidos de DON (ej.: tirillas)

- **Planta y almacenaje:**

- Limpieza y clasificación, almacenaje segregado según niveles de DON/*Fusarium*





RESUMEN

- Prácticas de manejo integradas = efecto aditivo y mayor estabilidad a través de ambientes
- No descuidar el área sembrada con **cultivares moderadamente resistentes** (base) - situación al 2022 aún no segura
- Aplicar **fungicidas** entorno a floración, con base en sistemas de predicción y pronósticos climáticos, triazoles en dosis recomendadas, óptima cobertura, menor riesgo de residuos de fungicidas en grano

IMPORTANTE: Tener claro el alcance de las medidas, su impacto y sus limitaciones



Desafíos desde la investigación y la producción

- Optimizar el manejo con los nuevos conocimientos y herramientas disponibles
- Continuar la obtención de cultivares moderadamente resistentes combinando tipos de resistencia, en menor tiempo
- Ajuste en el uso de fungicidas y nuevas opciones, tanto de síntesis como de otro origen
- Continuar el relevamiento sistemático de la población de especies de *Fusarium* atentos a cambios: toxinas (quimiotipos), agresividad, sensibilidad a fungicidas
- Continuar el monitoreo del contenido de toxinas y residuos de fungicidas en las distintas propuestas de manejo integrado y las utilizadas en la producción

EQUIPO DE TRABAJO

INIA:

S. Pereyra, M. Castro, M. Díaz(R), S. Germán(R), D. Vázquez, M. Quincke, A. Cal, G. Tiscornia, P. Silva, N. Gonzalez, D. Bentos, W. Alvarez, S. Rabaza, M. Rodríguez, V. Domeniguini, L. Sevillano, M. Raffo, M. Tejeira,

Facultad de Química, UDELAR

Microbiología: *S. Vero, G. Garmendia, M. Cabrera, M. Umpiérrez, G. Brancatti*

Polo Tecnológico de Pando: *A. Rodríguez, C. Pendas*

Dpto. de Química del Litoral- CENUR: *L. Pareja, B. Taborda*

Facultad de Agronomía, UDELAR: *C. Pérez, C. Francia*

MNECC, MNT

Universidad de Minnesota: R. Dill-Macky, J. Stanton

CIMMYT: P. Singh, C. Saint-Pierre, X. He

INTA, EMBRAPA, IPTA



Convenio UMN-INIA



GRACIAS