



Micotoxinas en maíz y trigo

Predicción de la contaminación en función de la condiciones meteorológicas en precosecha

Ricardo C. Moschini



PNCyO 1127023



Micotoxinas: compuestos tóxicos producidos por una gran variedad de hongos filamentosos, especialmente de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, y *Alternaria*, fruto de su metabolismo secundario

Son tóxicas para el hombre y animales al poder producir, entre otros, efectos cancerígenos, teratogénicos, embriotóxicos, hepatotóxicos, estrogénicos e inmunosupresores, pudiendo éstos últimos favorecer la aparición de otras enfermedades

<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxinas	Cancerígeno para el hombre, reducción de tasa de crecimiento , inmunosupresión	2-20 microg/kg
<i>Aspergillus parasiticus</i> Ciclo cultivo-almacenamiento			
<i>Fusarium verticillioides</i> Ciclo cultivo	Fumonisinias	Edema pulmonar en cerdos, leucoencefalomalacia en equinos, relacionado a cáncer de esófago, inmunosupresión	1000-3000 microg/kg
<i>Fusarium graminearum</i> Ciclo cultivo	Deoxinivalenol (DON)	Trastornos digestivos (vómitos, diarrea), rechazo del alimento, reducción de ganancia de peso, inmunosupresión	300-2000 microg/kg 750-1000 microg/kg
<i>Fusarium graminearum</i> Ciclo cultivo	Zearalenona (Zea)	Hiperestrogenismo, infertilidad, abortos (cerdos)	50-1000 microg/kg





Trigo
 Período susceptible para infección
 (PSI): anteras expuestas
 Variedades de trigo: S a MR
 Hospedantes alternativos: cultivos
 y malezas

Hospedante

Patógeno

Ambiente

Fusarium graminearum anamorfo de *Gibberella*
zeae

Micotoxina Deoxinivalenol (DON)

Necrotrófico. Monocíclica con muchos eventos
 infectivos. Ubicuidad.

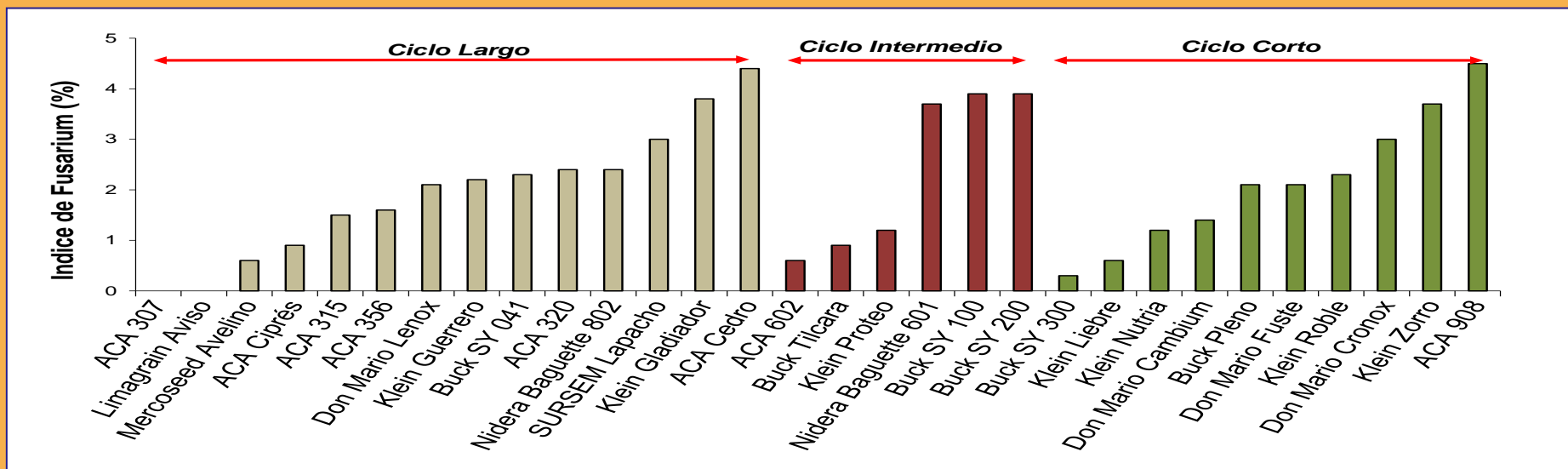
Diseminación anemófila de esporas

Requiere muchas horas de mojado en
 anteras (48-72 h) para la infección.
 Enfermedad epidemiológicamente de
 "lluvia".

Temperaturas óptimas: 20-25°C.

Comportamiento genético de cultivares de trigo frente a la FET

Durante el año 2014 se evaluaron en la EEA INTA Marcos Juárez (contacto: Enrique Alberione) 75 cultivares de trigo respecto a su comportamiento a la FET, bajo condiciones de infección natural pero con generación artificial de humedad en anéstris. Se observaron diferencias significativas entre cultivares en incidencia y severidad de la FET. A continuación se muestran los cultivares de mejor comportamiento en función del valor de Índice de Fusarium observado en 2014 y en algunos casos por evaluaciones de campañas anteriores.



Algunos cultivares son susceptibles a la FET pero observan en los ensayos territoriales (INTA M. Juárez, 2014) un alto potencial de rendimiento (por ejemplo ACA360, Klein León). En tal caso, para sembrar un cultivar de conocida susceptibilidad, será conveniente tener presente donde está ubicado el lote en el mapa de riesgo climático de la región pampeana con respecto a la FET.

Manejo del cultivo

Existen antecedentes que muestran una mayor presión de inóculo cuando se utiliza al maíz como cultivo previo. La diversificación de la época de siembra ofrece un mecanismo de escape a la infección, cuando alguna de las fechas de implantación elegidas escapa al lapso con ambiente favorable para el patógeno.

Desarrollo de sistemas de pronóstico de la FET Enfoque empírico

$$IncPFET(\%) = 20,37 + 8,63 PMoj - 0,49 GDN \quad R^2=0,86$$

PMoj: número de períodos de mojado de 2 días con registro de Pr y HR>81% (día 1) y una HR>=78 % (día 2).

GDN=GDTx + GDTn, siendo GDTx=∑d (Tx-26) si Tx>26°C y GDTn=∑d(9-Tn) si Tn<9°C, con d=días del PSI.

Zona Norte: umbral Tx= 30°C. Zona Sur: umbral Tn=11°C



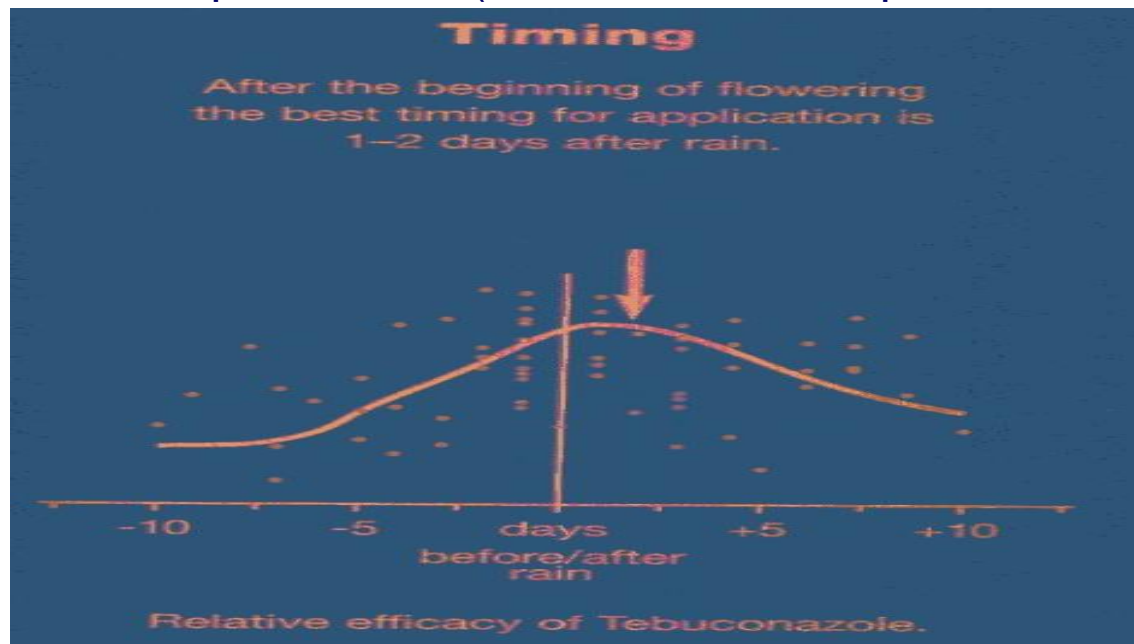
Espigazón Antesis	Llenado de grano
----------------------	---------------------

Período Susceptible para Infección (PSI): anteras expuestas
Se calculan las variables

<i>Zona Centro y Norte</i>	Fesp. – 8d	530 gd
<i>Zona Sur</i>	Fesp. – 8d	450 gd

Control Químico de la FET

- Preventivos (antes de la infección)
- Semi preventivos (hasta 2-3 días después de la infección)



González Montaner (2004): decisiones de manejo sanitario del trigo se toman al verificar al menos dos eventos infectivos o períodos de mojado de dos días definidos por **PMoj**, complementado con valores promedio de humedad relativa, en los 10 días previos a antesis, superiores a 70% y 80% para trigo candeal y pan respectivamente (Argentina)

Mazzilli et al. (2011): no se aplicaron fungicidas hasta la ocurrencia de dos eventos infectivos (definidos por **PMoj**). Se evitó el control químico en 22 de las 28 fechas de floración analizadas (2003-2006), sin generar diferencias en los niveles de infección con relación al control preventivo a inicios de floración. (Uruguay)

Giroux et al. (2016) evaluaron 9 modelos predictivos FET/DON desarrollados en USA, Italia, Canadá y Argentina. Dos modelos de USA y el de Argentina fueron los más sencillos y confiables para la toma de decisión en Quebec

Indice de Fusarium Observado (IndFO)=

$$\text{Indice de Fusarium Observado (IndFO)} = \frac{\text{Incidencia Observada (\% espigas afectadas)} \times \text{Severidad Observada (\% espiguillas enfermas en espigas afectadas)}}{100}$$

Indice de Fusarium Predicho (IndFP)= $\sum \text{IncP\%} * \text{SevP\%} / 100$

(calculados para todos los eventos infectivos identificados en el PCI)

IncP%= Incidencia Predicha

SevP%=Severidad Predicha /100

LogitAnt=- 6,765052912+0,136395967*GD-0,000694621*GD² + 0.000001384 * GD³ - 0.000000001 * GD⁴

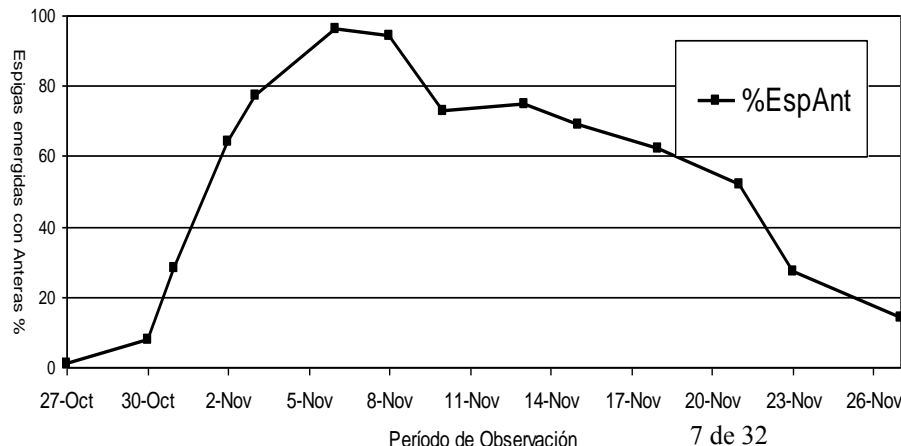
LogitSev= 38.77166158 - 0.53815698 * DM - 6.02985565 * T + 0.26849793* T2 - 0.00396097

GD=se suman temperaturas medias diarias >=12°C

* T3 + 0.04990941 * IT - 0.00092343 * IT2

PCI Centro Norte: Fesp-4 d hasta acumular 530 GD

PCI Sur: Fesp-4 d hasta acumular 450 GD



Temperatura °C	Duración de Mojado h	Severidad %
15	18	0
	24	0
	36	0
	48	1,6
	60	0
	72	0
20	18	1,3
	24	2,9
	36	4,2
	48	5,2
	60	30,0
	72	80,6
25	18	2,4
	24	5,5
	36	18,5
	48	77,1
	60	83,0
	72	95,6
30	18	0
	24	0
	36	2,6
	48	27,1
	60	61,2
	72	86,4

Identificación de eventos infectivos de la FET (períodos de mojado)**Reglas de equivalencias: estimación de la duración de mojado a partir de valores diarios de Pr y HR**

- 1 día con Precipitación ($\geq 0,2\text{mm}$) y $\text{HR} \geq 81\%$ _____ DM=24 h
 2 días consecutivos con Precipitación ($\geq 0,2\text{mm}$) y $\text{HR} \geq 81\%$ _____ DM=48 h
 3 días consecutivos con Precipitación ($\geq 0,2\text{mm}$) y $\text{HR} \geq 81\%$ _____ DM=72 h

Condiciones que preceden o suceden a DM de 24 y 48 h.

Preceden:

- Precipitación ($\geq 0,2\text{mm}$) y $\text{HR} \leq 77\%$ _____ 3 h de mojado
 Precipitación y $\text{HR} > 77\%$ y $< 81\%$ _____ 6 h de mojado

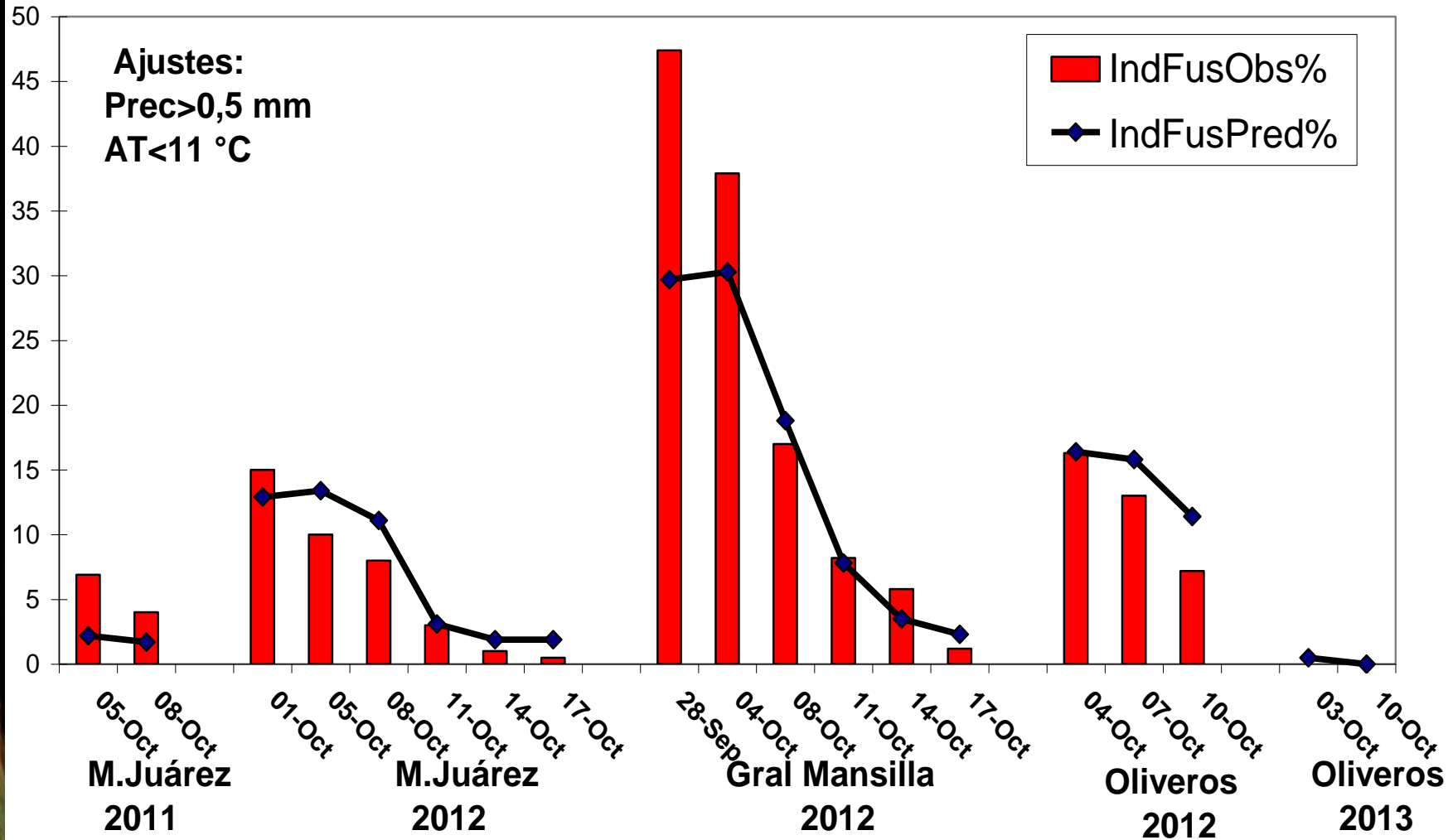
Suceden:

- Precipitación ($\geq 0,2\text{mm}$) y $\text{HR} \leq 77\%$ _____ 3 h de mojado
 Precipitación y $\text{HR} > 77\%$ y $< 81\%$ _____ 6 h de mojado
 $\text{HR} > 77\%$ _____ 3 h de mojado

Validación del sistemas de pronóstico de la FET

Enfoque fundamental-empírico

Trigo

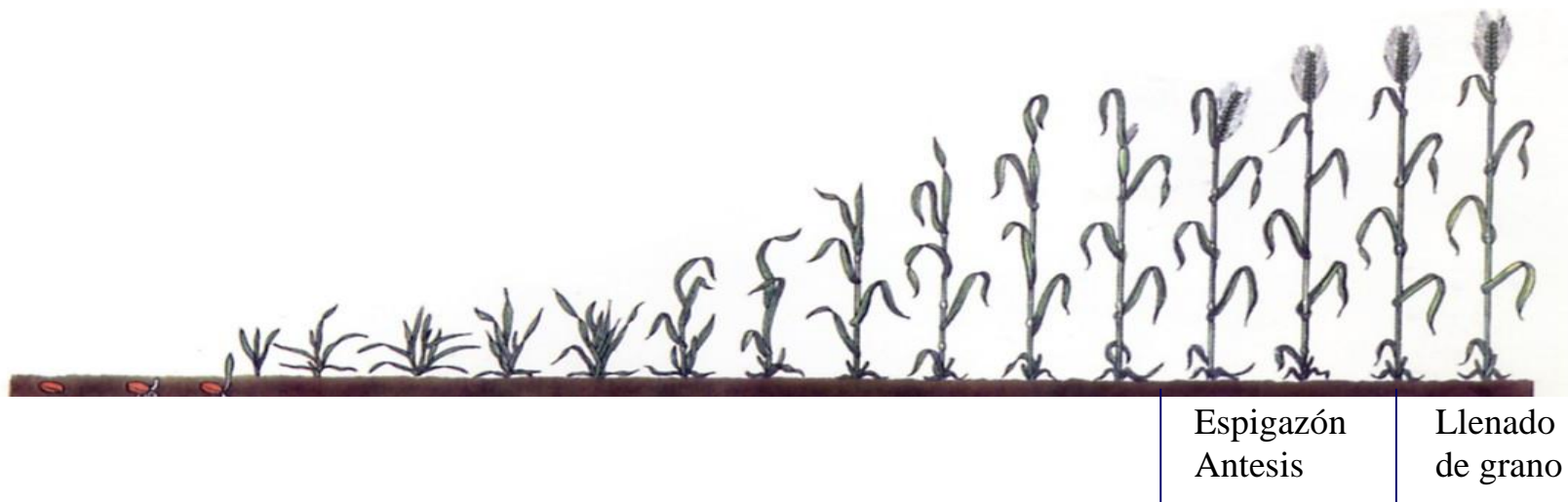


Fuente: *Martínez y otros, 2015*
 INTA-Molino Chacabuco

$$\text{LogitProbS} = -2,7460 + 0,5254 \text{ DPrechHRT} \quad \text{Prec.Pred} = 85\%$$

DPrechHRT : número total de días con registro simultáneo de temperatura mínima >10°C y temperatura máxima < 31°C, precipitación >= 0.5 mm y humedad relativa >=81 %.

ProbS: probabilidad de tener un nivel severo de DON (>=1ppm)



Período Susceptible para Infección (PSI): anteras expuestas
 Se calculan las variables

Zona Centro y Norte

Fesp. – 10d

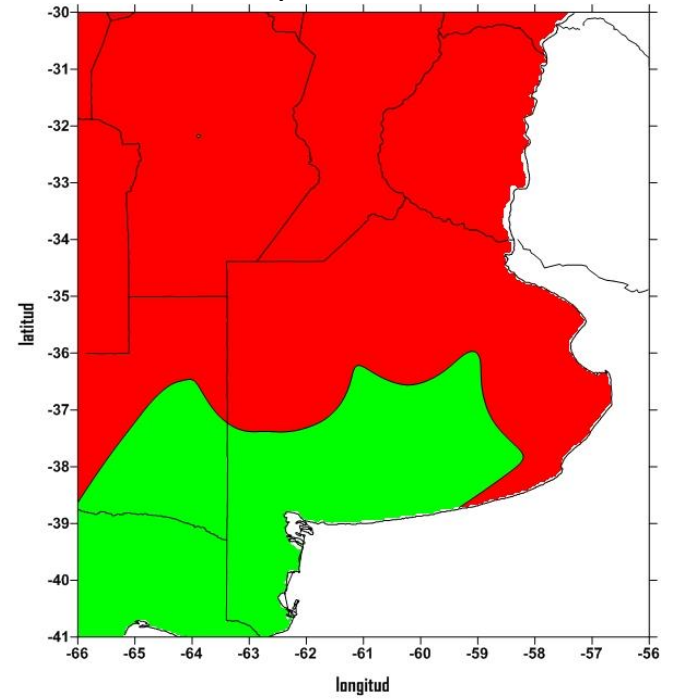
580 gd

Zona Sur

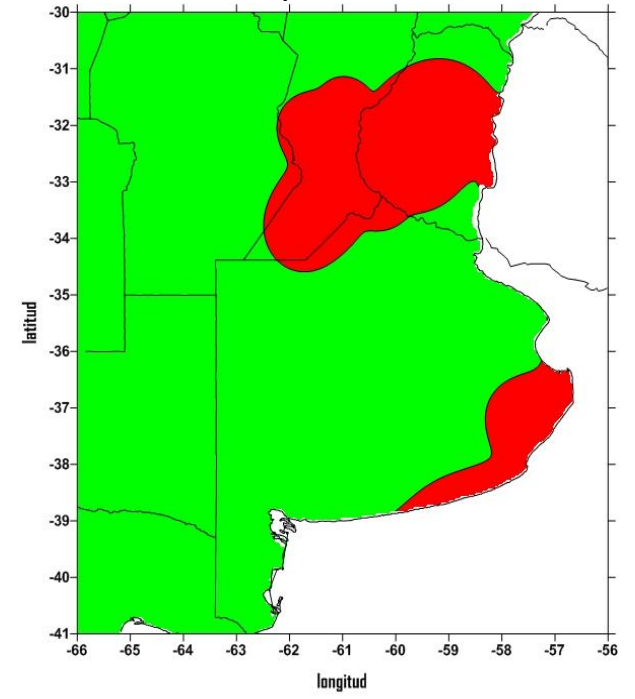
Fesp. – 10d

500 gd

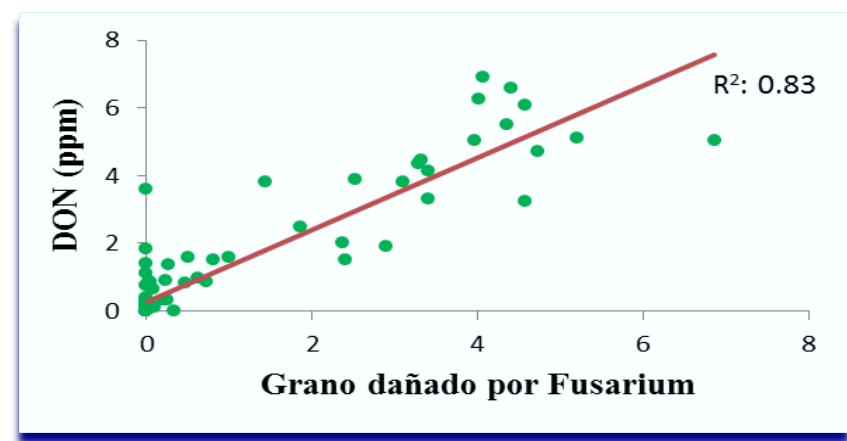
Campaña 2012/2013



Campaña 2014/2015



Nivel de DON (ppm) predicho por la Ec. ajustada (verde: DON<1 ppm y rojo: DON>=1ppm)



Relación (ajuste lineal) entre el porcentaje de grano dañado por *Fusarium* y el contenido de deoxinivalenol (DON en ppm) en muestras de trigo analizadas a su arribo al Molino Chacabuco, en 2012/13 y 2013/14.

APLICACIONES de los SISTEMAS DE PRONÓSTICO DE la FET

- **Apoyo al control químico: *Sistema operativo de pronóstico del grado de riesgo a la FET.***

Sitio web Alerta Enfermedades, modelo Fusariosis
<http://agrometeorologia.inta.gob.ar>

- **Definición del riesgo climático de la región pampeana respecto a la FET**
- **Conocimiento temprano de la distribución espacial de la FET**
- **Impacto de la Variabilidad climática y cambio climático sobre la FET.**

Alerta Enfermedades

- Sitio Web Agrometeorología
<http://agrometeorologia.inta.gov.ar/>

INTA Enfermedades de Cultivos

Última ubicación cargada
Lat:-32.0 / Lon: -64.0

 Trigo

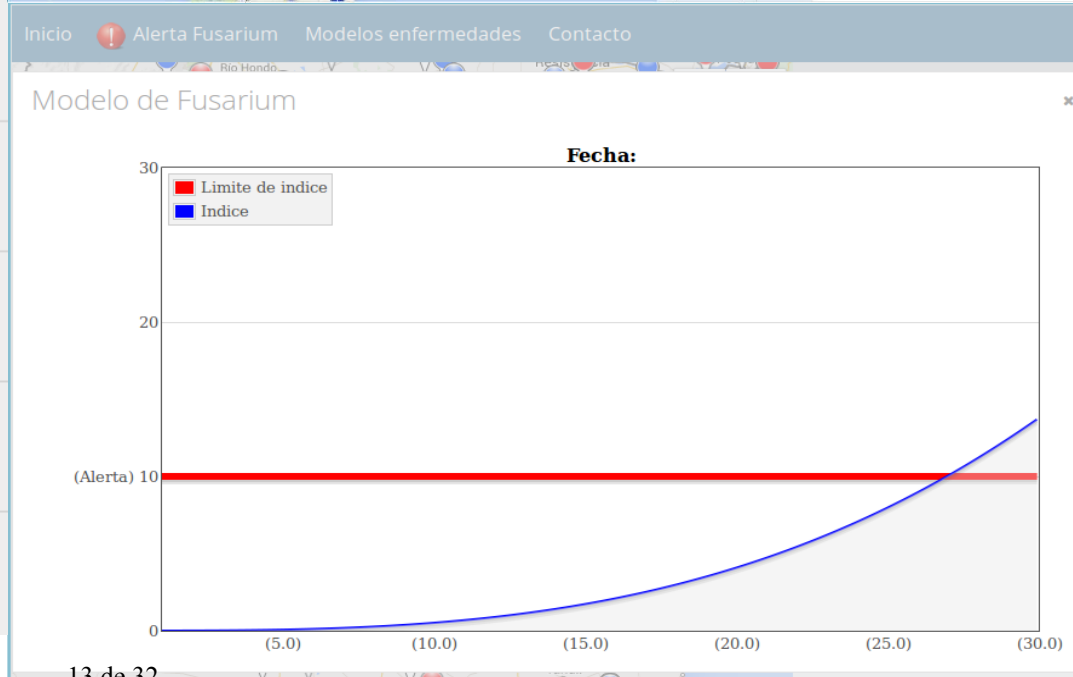
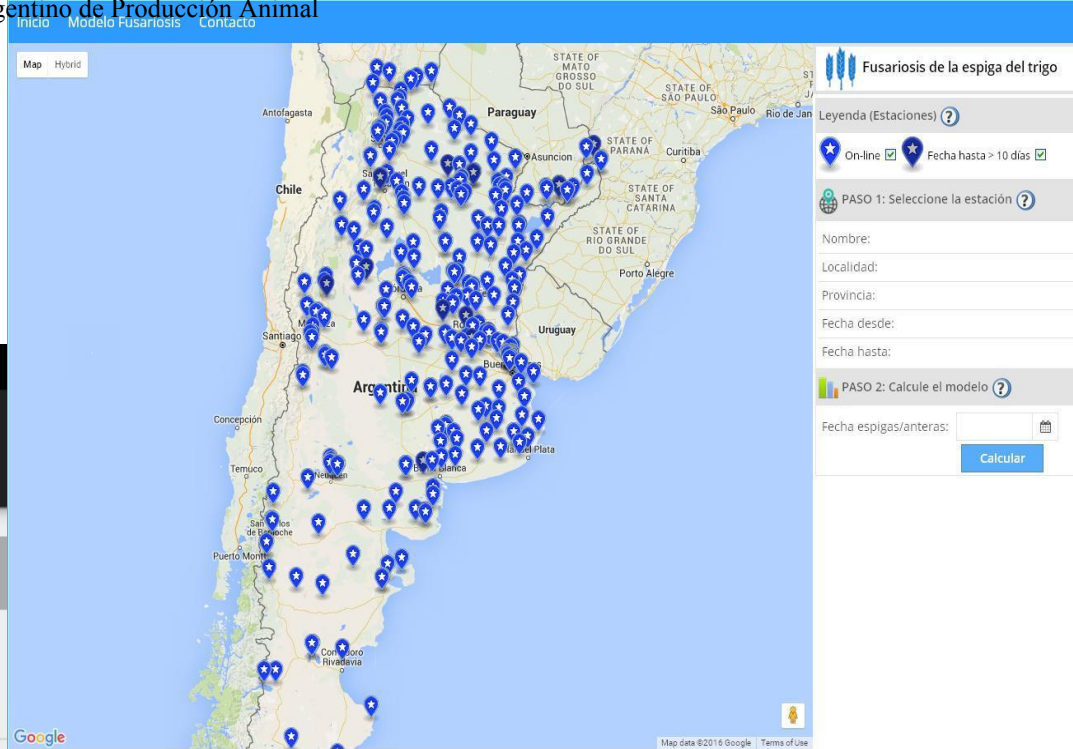
 Soja

 Maíz

 Cítricos

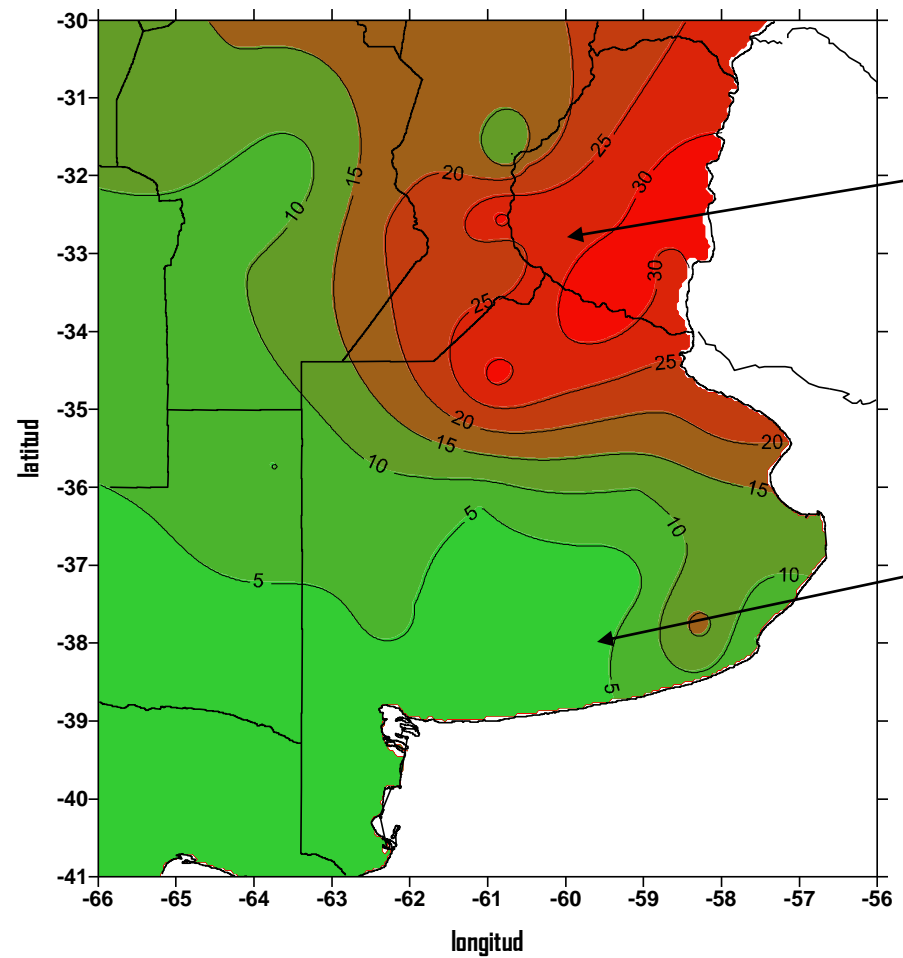
 Leer Manual

 Acerca de INTA-Enfermedades



% de años con un nivel severo de índice de Fusarium (IndFP>10%) predicho por sistema fundamental empírico

RIESGO CLIMATICO - gd1320
(serie 1971-2011; 37 estaciones meteorológicas; Espigazón media: 1320 GD)



NE: 4-6 ataques severos en 20 años
Riesgo climático máximo, menor potencialidad de rendimiento del trigo

S-SE: 1-3 ataques severos en 20 años.
Riesgo climático moderado, Mayor potencialidad de rendimiento

El umbral de daño económico (UDE) expresa el valor de incidencia de la enfermedad que equivale al costo de aplicación del fungicida

UDE (%) = Costo aplicación / Precio trigo x Eficiencia Fungicida x Coeficiente daño
UDE6(%) = 220 \$ ha⁻¹ / 995 \$ tn⁻¹ x 0,50 x 0,03553 tn ha⁻¹ %⁻¹ = 12,5%
UDE4(%) = 220 \$ ha⁻¹ / 995 \$ tn⁻¹ x 0,50 x 0,01492 tn ha⁻¹ %⁻¹ = 29,6%
UDE2(%) = 220 \$ ha⁻¹ / 995 \$ tn⁻¹ x 0,50 x 0,01151 tn ha⁻¹ %⁻¹ = 38,4%



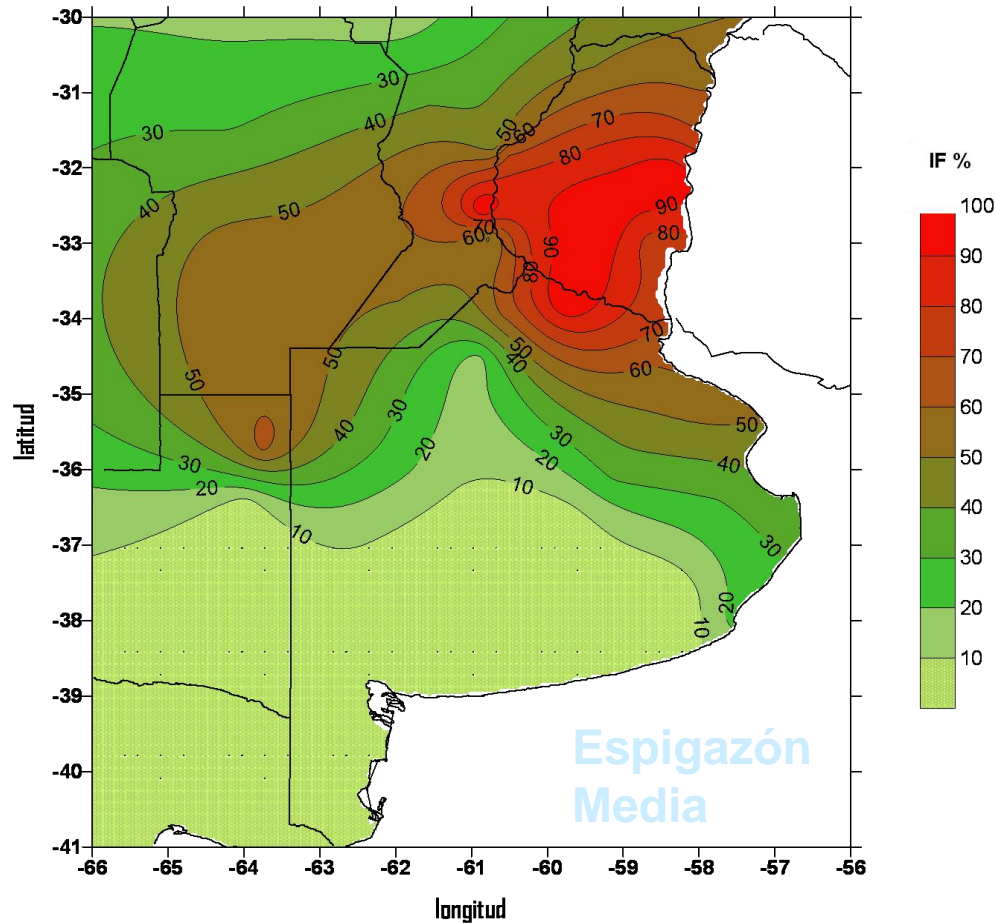
Distribución de la Incidencia predicha de la Fusariosis de la espiga de trigo/ DON en la región pampeana **Campaña triguera 2012/13**

$$IncP FET(\%)=20,37 + 8,63 PMoj - 0,49 GD$$

(R²=0,86)

PMoj: número de períodos de mojado de 2 días con registro de Pr y HR>81% (día 1) y una HR>=78 % (día 2) GD: acumulación diaria del residual >26 °C y <9 °C en Tx y Tn

Incidencia estimada de fusariosis de la espiga en trigo
respectivamente Tx>30 en zona Norte y Sur y Tx<10 en el Sur)
Espigazón Media. Ciclo 2012

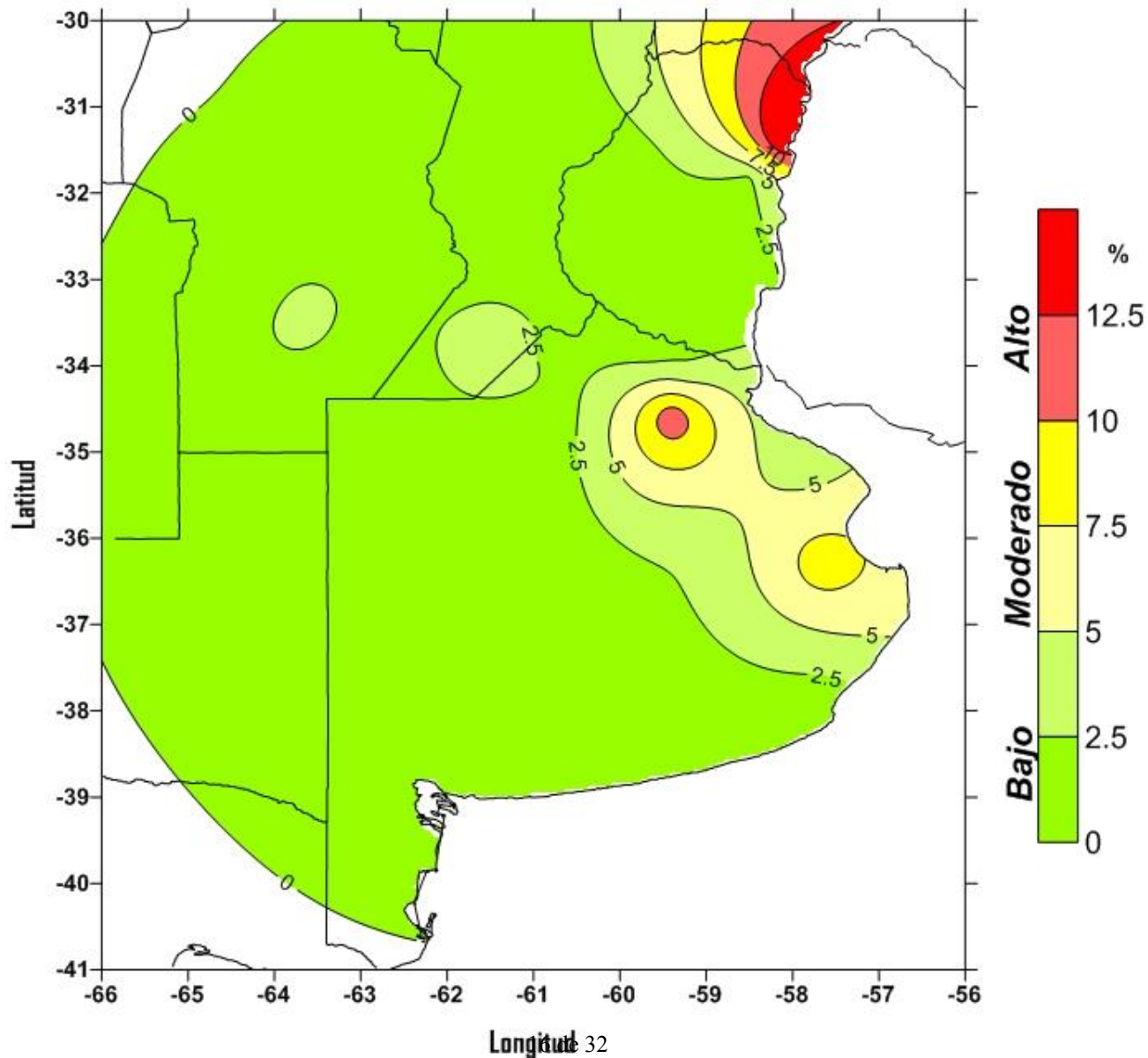


El 92% de las 76 muestras de cultivares de trigo sembrados en INTA Oliveros y Pergamino superaron los 4000 microg/Kg de DON (Laboratorio ITA INTA Castelar)

Índice de Fusarium Acumulado

Trigos con fecha de espigazón media

Campaña 2015/16



Evaluación del impacto de la variabilidad y cambio climático sobre la FET

Análisis retrospectivo

$$IncFETP(\%) = - 9,15 + 6,47 \text{ DMoj} + 0,35 \text{ GD}$$

$R^2=0,81$

ND: número de días con ocurrencia simultánea de precipitación y $AT < 7^\circ\text{C}$

GD: resulta de acumular los residuales $> 9^\circ\text{C}$ en T_n en los días donde

$T_x < 25^\circ\text{C}$ y $T_n \geq 9^\circ\text{C}$



Espigazón
Antesis

Llenado
de grano

Período Susceptible para Infección (PSI): anteras expuestas se calculan las variables

Zona Centro y Norte

Fesp. – 8d

530 gd

Zona Sur

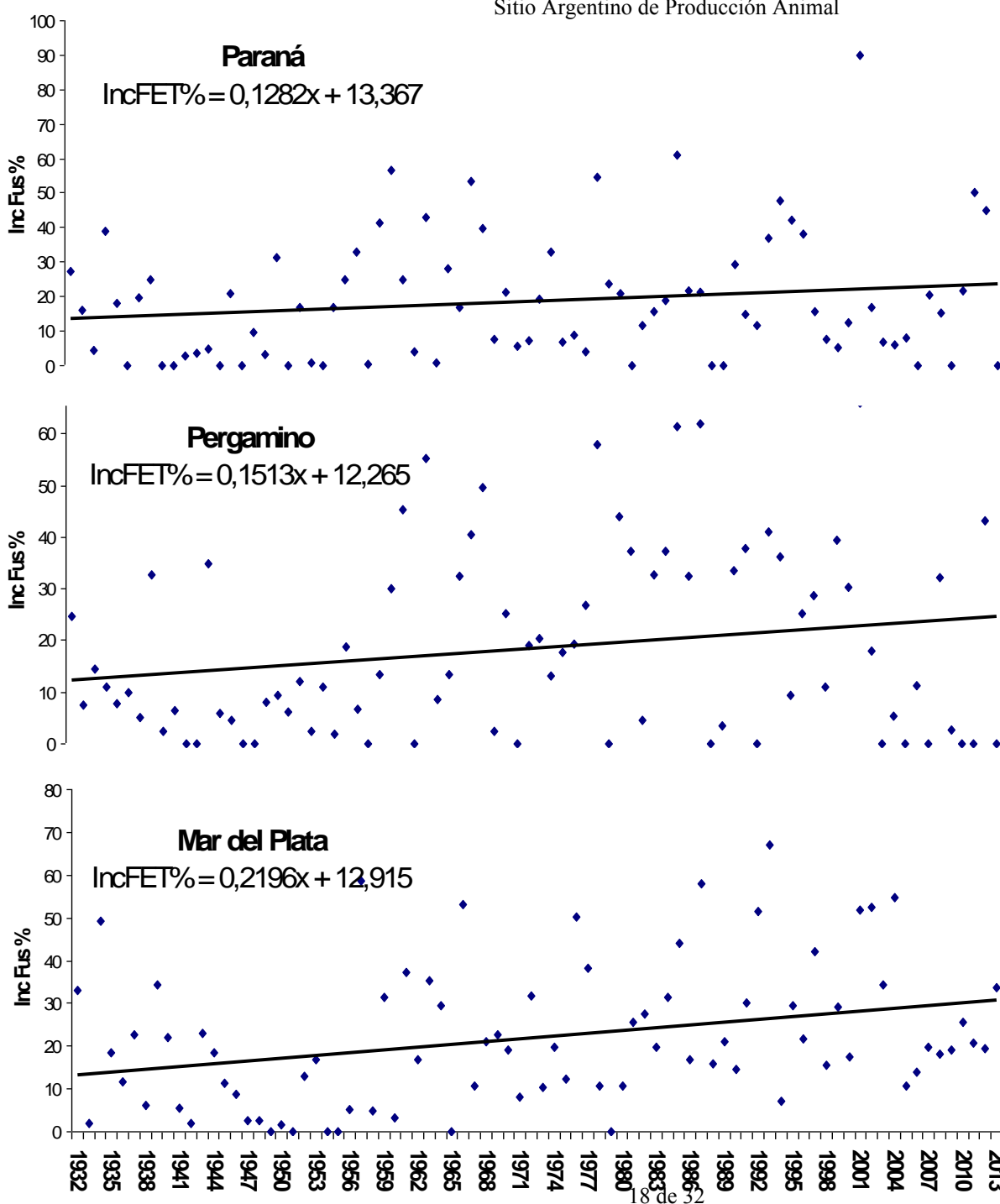
Fesp. – 8d

450 gd

Cambio climático: análisis retrospectivo

Líneas de tendencia
de la incidencia de la
FET (IncFET%)

82 años:1932-2013

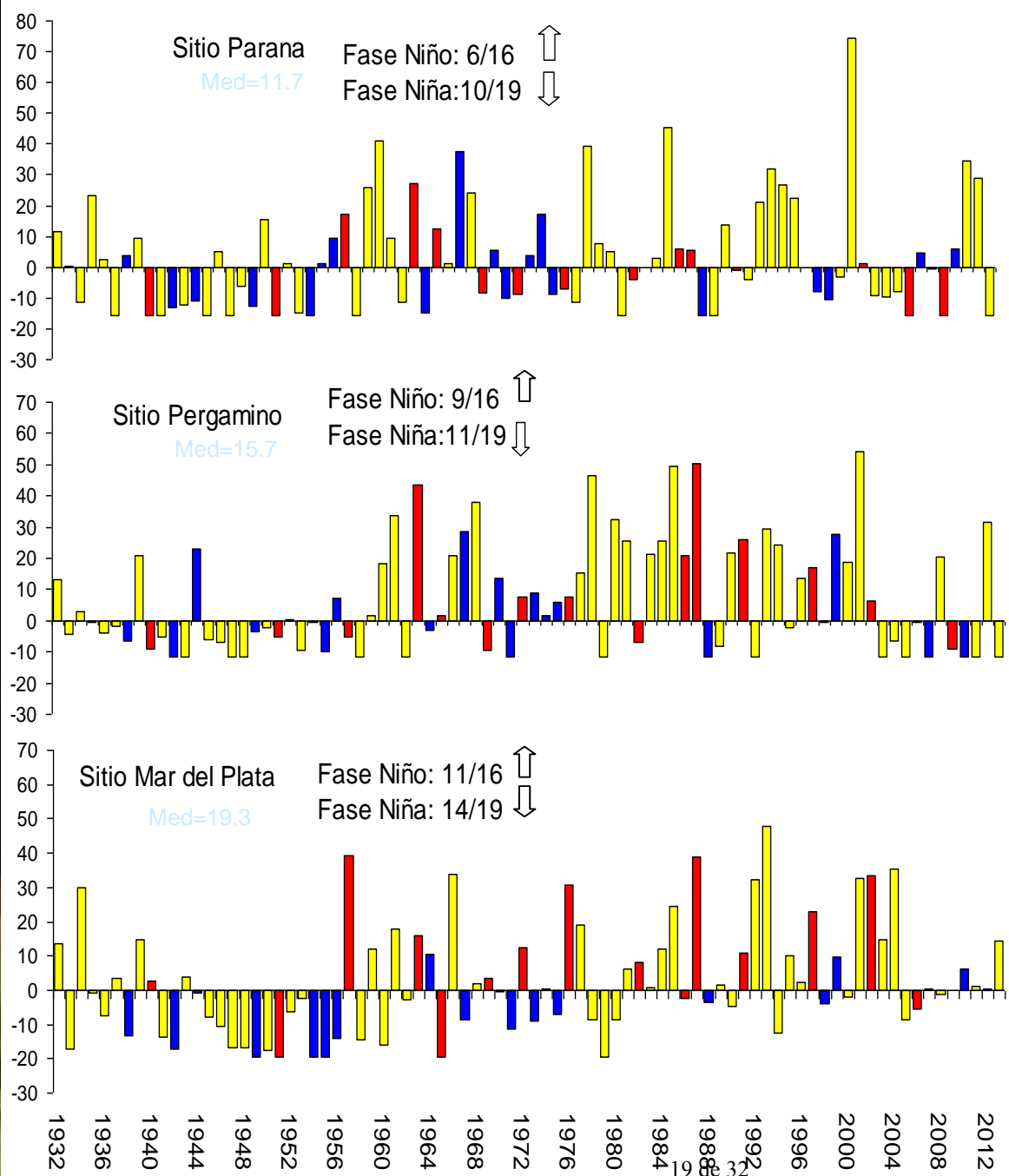


$$IncFET(\%) = -9,15 + 6,47DMoj + 0,35 GD$$

DMoj: días de mojado con registro de Pr y AT < 7°C
GD: acumulación diaria del residual > 9°C en Tn en los días donde Tx < 25°C y Tn ≥ 9°C

Anomalia anual (An=IncFET%-Mediana) asociada a la fase del fenómeno ENOS

Niño: █
Niña: █
Neutro: █

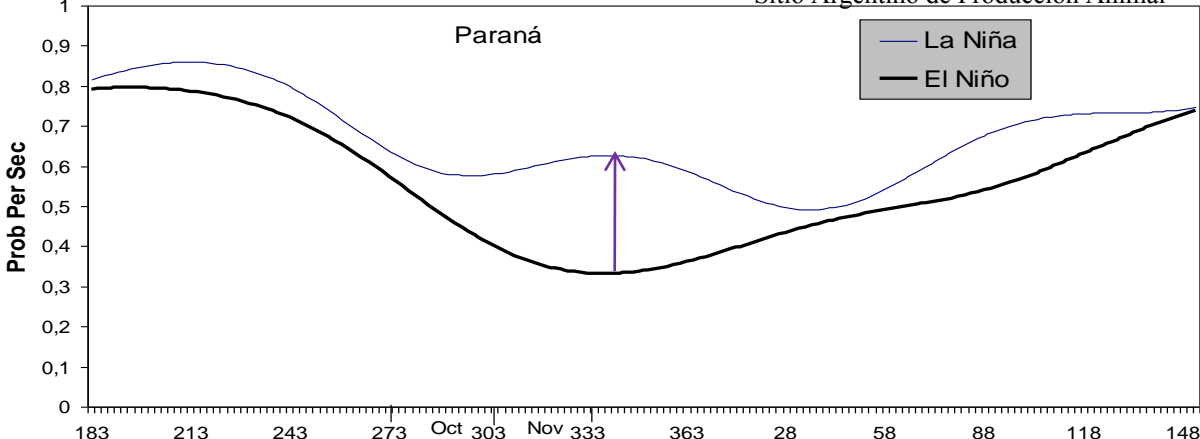


Anomalías positivas

	1932-1972	1973-2013
Paraná	21	20
Pergamino	16	25
Mar del Plata	15	26

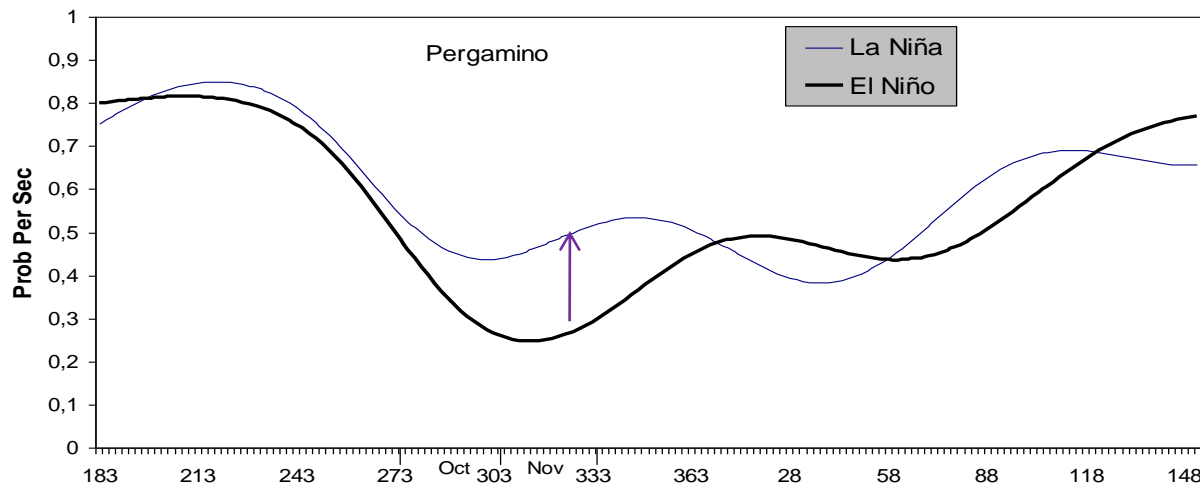
$IncFET(\%) = -9,15 + 6,47 DMOj + 0,35 GD$
DMoj: días de mojado con registro de Pr y AT < 7°C
GD: acumulación diaria del residual > 9°C en Tn en los días donde Tx < 25°C y Tn >= 9°C



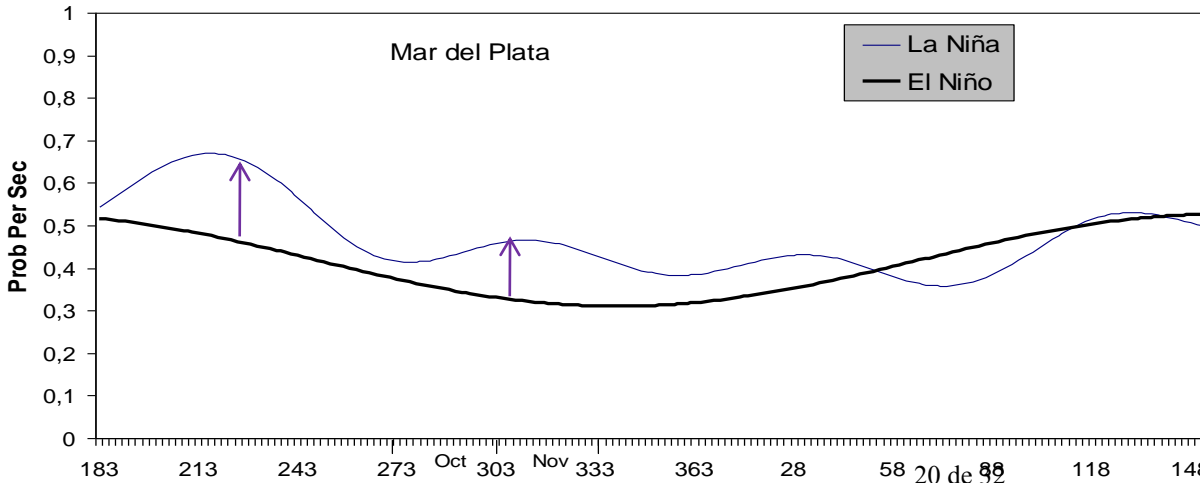


Probabilidad de tener Períodos secos de 7 o más días en lapsos de 15 días para ciclos con fase El Niño (16) y La Niña (19) del fenómeno ENOS

Dif Max 29,5% (5/12)



Dif Max 23,1% (23/11)

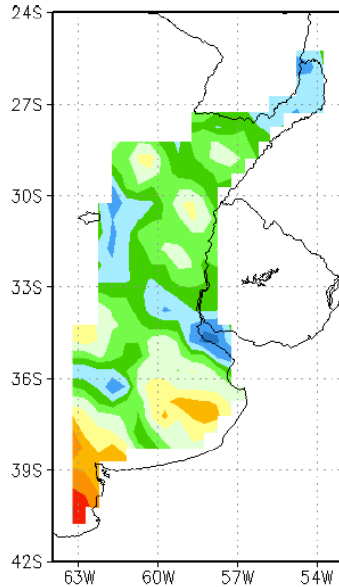


Dif Max 15% (11/11)

Cambio en Precipitación media anual respecto al período 1979-2003

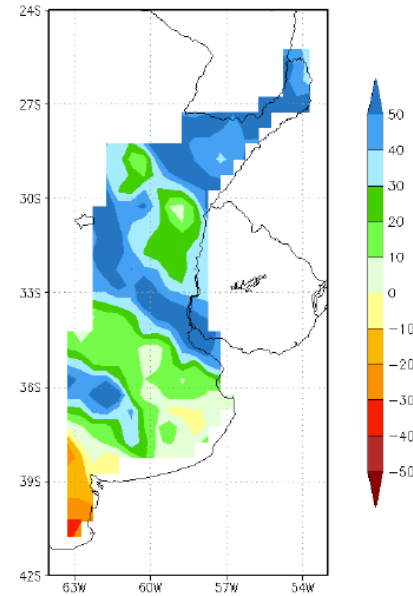
2015-2039

(Futuro cercano)



2075-2099

(Futuro lejano)



Precipitación media anual

Modelo MRI/JMA (Japón). Escenario A1B

Información: **MRI/JMA**: modelo de circulación general de la base CMIP5. Es uno de los 14 modelos probados.

Escenarios: Hay disponibles 3 escenarios: RCP4.5 (emisiones moderadas), RCP 8.5 (emisiones continúan creciendo) y **A1B** (intermedio entre los anteriores).

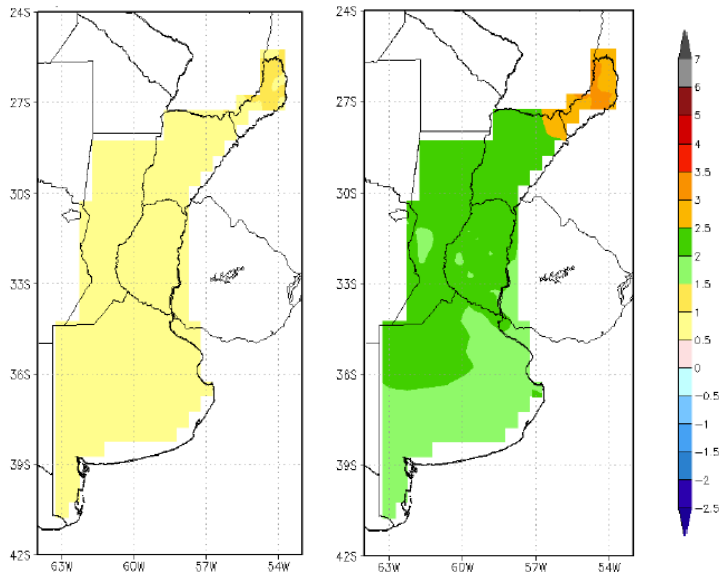
Fuente: Tercera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático. Cambio climático en Argentina; tendencias y proyecciones CIMA. CIMA. Abril 2015 (Dres V. Barros y C. Vera)

Ver informes en: <http://www.ambiente.gov.ar/?idseccion=356>

Cambio en Temperatura mínima y máxima media anual respecto al período 1979-2003

2015-2039

2075-2099

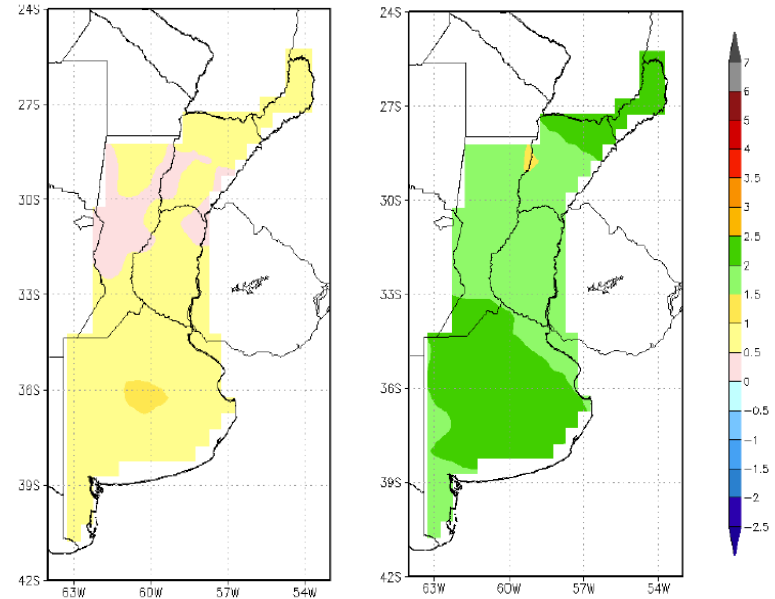


Temperatura mínima media

Modelo MRI/JMA (Japón). Escenario A1B.

2015-2039

2075-2099



Temperatura máxima media

Modelo MRI/JMA (Japón). Escenario A1B.

Información: **MRI/JMA**: modelo de circulación general de la base CMIP5. Es uno de los 14 modelos probados.

Escenarios: Hay disponibles 3 escenarios: RCP4.5 (emisiones moderadas), RCP 8.5 (emisiones continúan creciendo) y **A1B** (intermedio entre los anteriores).

Fuente: Tercera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático. Cambio climático en Argentina; tendencias y proyecciones CIMA. Abril 2015 (Dres V. Barros y C. Vera)

Ver informes en: <http://www.ambiente.gov.ar/?idseccion=356>

Cambio climático: análisis prospectivo

$$IncFET(\%) = -9,15 + 6,47D_{moj} + 0,35 GD$$

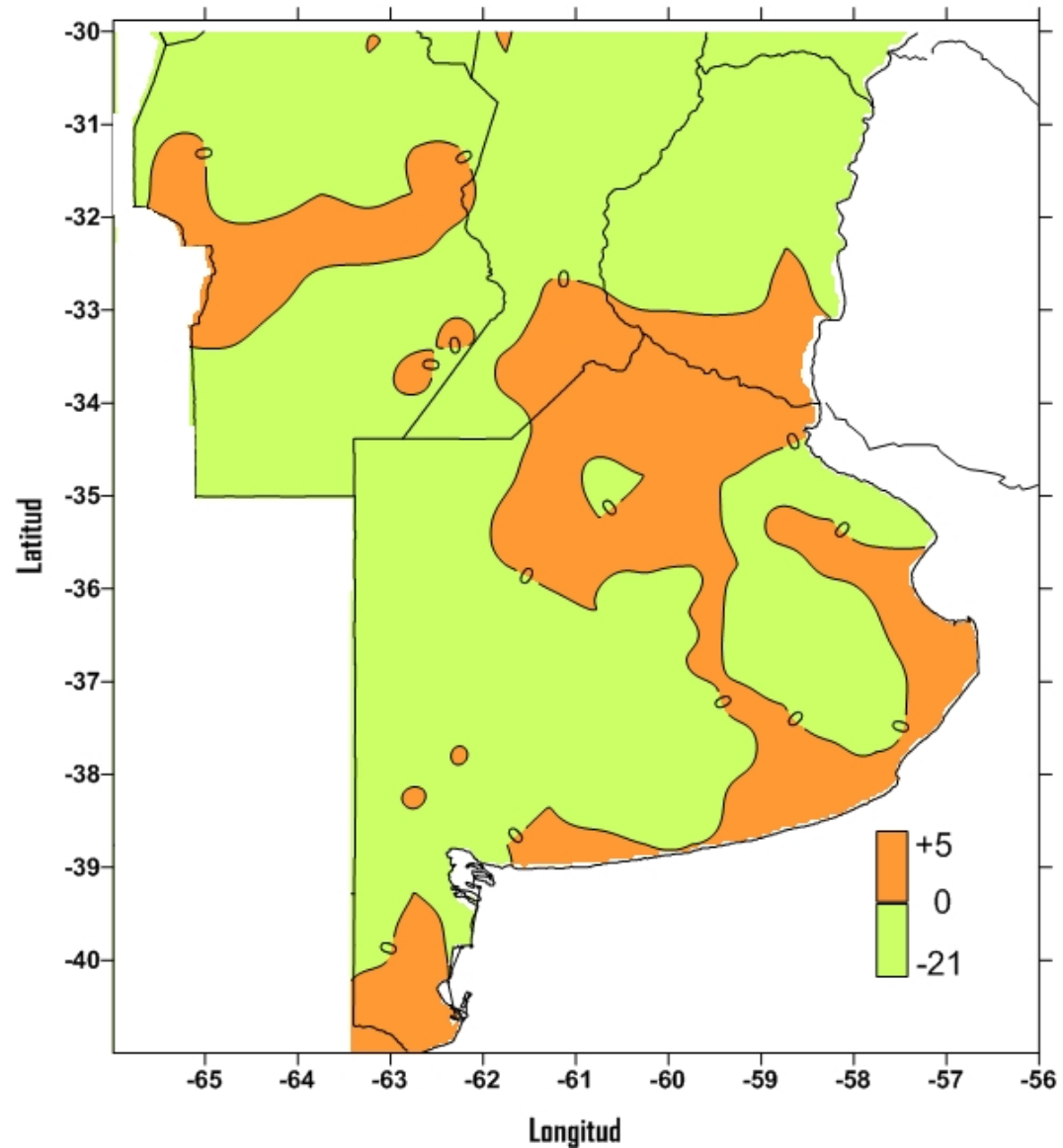
D_{Moj}: días de mojado con registro de Pr y AT < 7°C

GD: acumulación diaria del residual > 9°C en T_n en los días donde T_x < 25°C y T_n ≥ 9°C

Periodo Base: 1960-2010

Futuro cercano: 2015- 2039

Escenario de alta emisión de CO₂

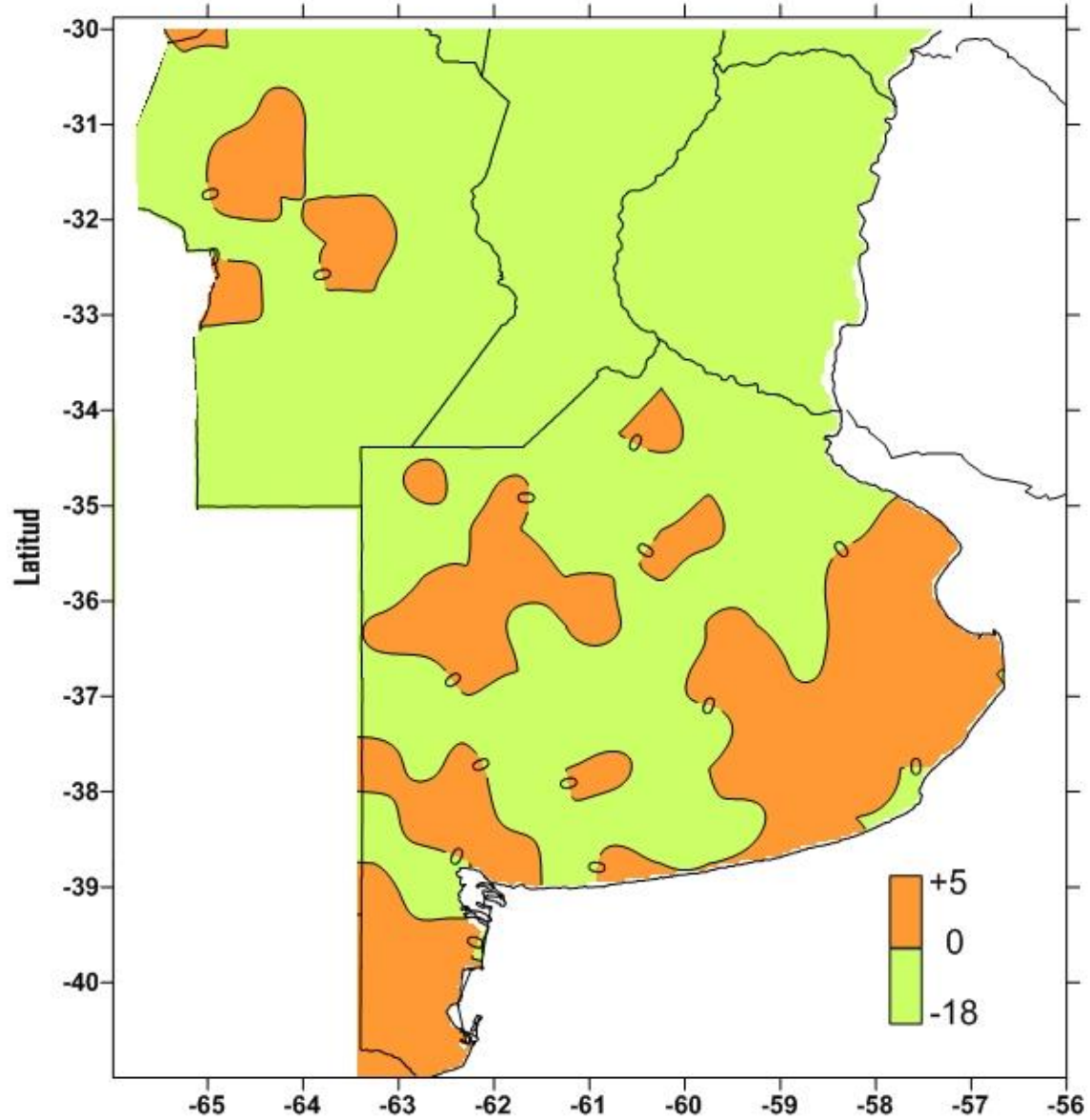


Anomalia número de años con incidencia severa de la FET

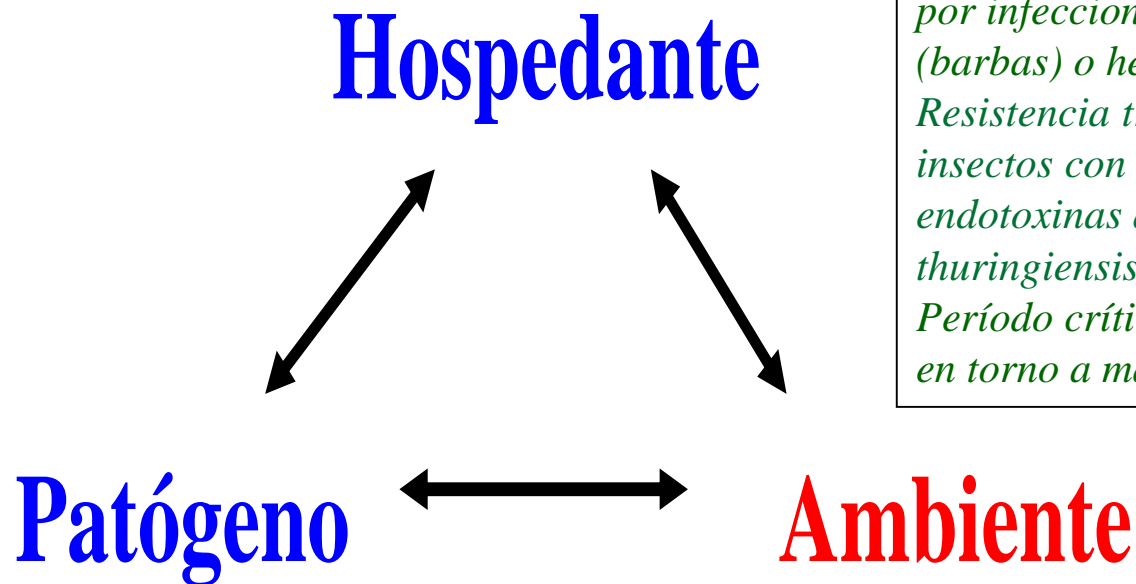
Periodo Base: 1960-2010

Futuro lejano: 2075-2099

Escenario de alta emisión de CO2



Maíz

**Maíz**

Período susceptible para infección (PSI): el hongo entra a las espigas por infecciones en estigma (barbas) o heridas de insectos
*Resistencia transgénica a estos insectos con la expresión de endotoxinas de *Bacillus thuringiensis* (maíces Bt)*
Período crítico para síntesis de FB en torno a madurez fisiológica

Fusarium verticillioides

Micotoxina asociada: Fumonisin (FB). La concentración de FB se incrementa con la > actividad agua del grano y fue óptima en un rango de 15 a 30°C

Fusarium graminearum

Micotoxinas asociadas: DON y ZEA
 Necrotrófico.

Las podredumbres de espiga en maíz se favorecen en áreas húmedas, si se presentan lluvias desde la formación de la espiga a la cosecha.

***F. graminearum** crece bien a temperaturas inferiores a 25-28 °C, o **F. verticillioides** es favorecido por registros térmicos superiores a 28°C.*

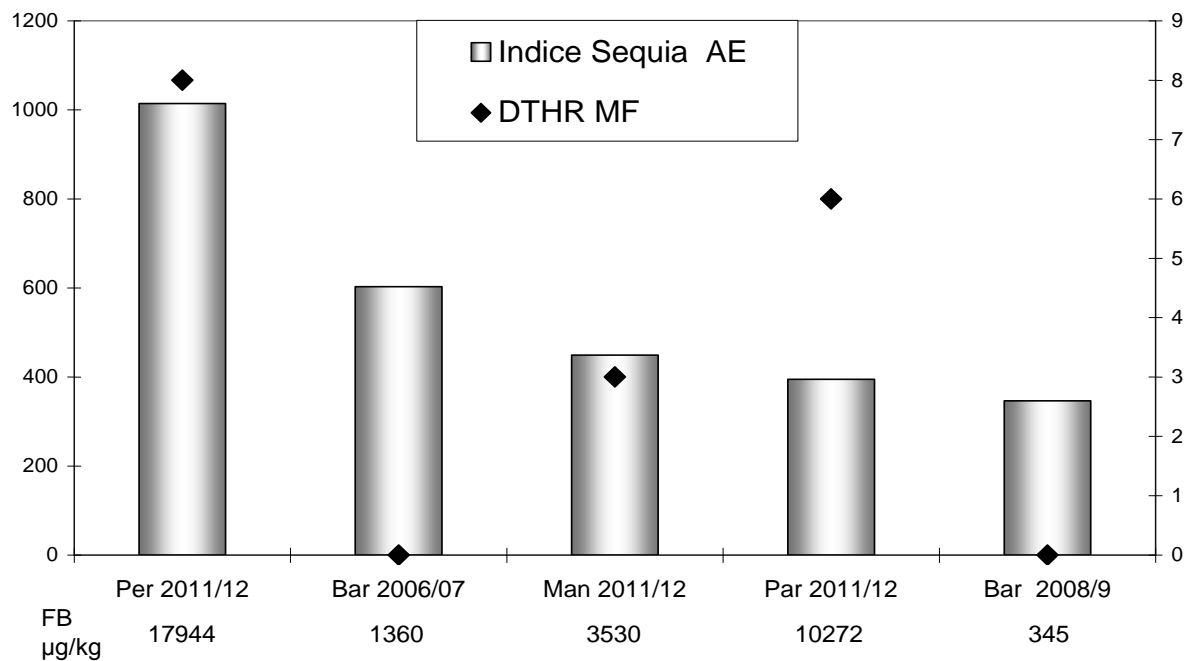
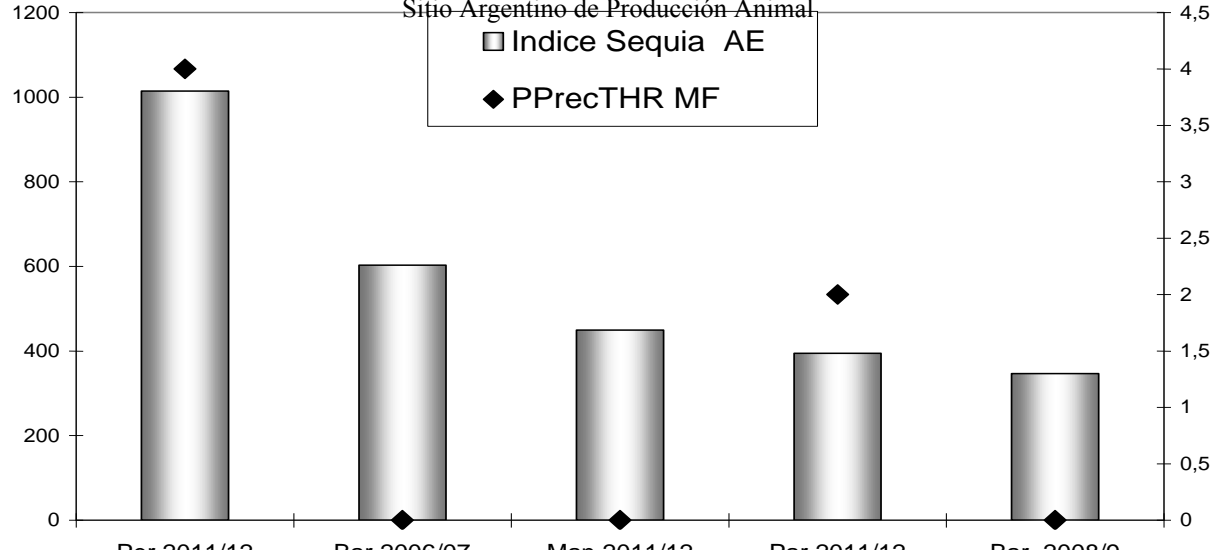
Maíz

Fumonisinas

Contenido de FB total (en $\mu\text{g}/\text{kg}$) en muestras de grano a cosecha extraídos de ensayos sembrados con híbrido de maíz susceptible en distintas campañas/sitios de la región pampeana (n=35). Se presenta la fecha (en DJ: día juliano) de aparición de estigmas (AE) en cada ensayo

Contenido de FB total en muestras de grano de maíz campañas/sitios de ensayos en EEA INTA sembrados con híbrido experimental susceptible N=35

Campaña	Sitio ^a	AE DJ	FB $\mu\text{g}/\text{kg}$	Campaña	Sitio	AE DJ	FB $\mu\text{g}/\text{kg}$
2006/07	Manfredi	2	2600	2007/08	Barrow	31	2825
2006/07	Balcarce	14	755	2007/08	Barrow	44	390
2006/07	Balcarce	33	3115	2007/08	Pergamino	26	5670
2006/07	Paraná	354	3560	2007/08	Oliveros	362	1945
2006/07	Paraná	80	24840	2008/09	Manfredi	355	2770
2006/07	M. Juárez	346	2290	2008/09	Manfredi	56	3220
2006/07	M. Juárez	8	3950	2008/09	Balcarce	23	505
2006/07	Barrow	12	505	2008/09	Balcarce	38	755
2006/07	Barrow	27	1360	2008/09	Paraná	343	1460
2006/07	Pergamino	362	1107	2008/09	Barrow	16	345
2006/07	Pergamino	14	2920	2008/09	Paraná	22	2770
2007/08	Manfredi	69	2320	2011/12	Balcarce	14	485
2007/08	Balcarce	20	102	2011/12	Paraná	7	10272
2007/08	Balcarce	37	61	2011/12	Paraná	36	7147
2007/08	Paraná	344	1035	2011/12	Pergamino	356	17944
2007/08	Paraná	14	4230	2011/12	Manfredi	355	3531
2007/08	M. Juárez	354	540	2012/13	Balcarce	11	2215
2007/08	M. Juárez	7	2215				



Indice de sequía= \sum AT

riación Estigmas AE)

PPrecTHR_{MF}: períodos de 2 días con precipitación (>0,2 mm), HR>70% , Tn>19,5°C y Tx<33°C (dia1) y HR>70 (dia 2)

DTHR_{MF}: días con Tx<33°C y Tn>19,5°C y HR>70%.

en el lapso que se inicia 40 días post AE hasta acumular 1000 grados día

Chalas cerradas

Chalas abiertas



Filtrado de base de datos

IS>316,4 y PPrecthRMF >=2 o

IS>316,4 y DThRMF>=4

**El valor 316,4 correspondió al percentil 85%,
mientras que los valores 2 y 4 al percentil 75%,
respecto a los 35 valores calculados en cada
caso**

Coefficientes de correlación Kendall Tau-b (r_k) entre niveles ordinales de FB y variables meteorológicas calculadas en dos períodos críticos en el ciclo de cultivo del maíz (período críticos AE: aparición de estigmas y MF: madurez fisiológica)

Variables meteorológicas ^a	Base de datos original (n=35)		Base de datos filtrado (n=33)	
	Período crítico		Período Crítico	
	AE	MF	AE	MF
DT	0.21	-0.14	0.41	-0.13
GDTx	0.03	0.14	-0.11	0.07
GDTn	-0.13	-0.05	-0.20	0.03
TxM	0.01	0.07	-0.05	0.01
TnM	0.14	0.03	0.21	-0.05
DS	-0.14	0.00	-0.28	0.07
DPrec	-0.03	-0.21	0.14	-0.26
PrecAc	0.06	0.13	0.26	-0.01
DPrecHR	0.34	-0.03	0.60	-0.09
PPrecHR	0.48	0.02	0.68	-0.07
DPrecTHR	0.39	0.15	0.63	0.08
PPrecTHR	0.51	0.19	0.68	0.09
DTHR	0.34	0.20	0.55	0.10
DPrecT	0.39	-0.14	0.63	-0.14
DHR	0.20	0.12	0.35	0.14
D		-0.04		0.04

^a *Período crítico AE*: fecha inicio= fecha AE - 7 días, finalizando al acumular 210 grados día (Td base inferior=10°C, Td base superior=30°C): **DT**: días con Tx<33°C y Tn>19,5°C; **GDTx**: suma del excedente diario de Tx respecto a 33°C cuando Tx>=33°C, **GDTn**: diferencias acumuladas entre 23°C y Tn, cuando Tn es <=23°C; **TnM**: temperatura mínima media; **TxM**: temperatura máxima media; **DS**: días secos sin precipitación (Prec<=1 mm); **DPrec**: días totales con ocurrencia de Prec>0.2mm; **PrecAc**: milímetros totales acumulados de Prec>0.2mm; **DPrecHR**: días con ocurrencia de Prec>0,2mm y HR>=81%; **PPrecHR**: períodos de dos días con ocurrencia de Prec>0,2mm y HR>=81% (día 1) y HR>70 en el segundo día; **DPrecTHR**: días con simultánea ocurrencia de Prec>0.2 mm y HR>70, cuando Tx<33°C y Tn>19,5°C; **PPrecTHR**: periodos de dos días con ocurrencia de Prec>0.2 mm, Hr>70%, y Tx<33°C y Tn>19,5°C (día 1) y HR>70% en el segundo día; **DTHR**: días con Tx<33°C y Tn>19,5°C y HR>70%; **DPrecT**: días totales con ocurrencia simultánea de Prec>0,2mm y Tx<33°C y Tn>19,5°C; **DHR**: días con HR>=70%

Período crítico MF: fecha Inicio: 40 días siguientes a la fecha de AE, finalizando después de acumular 1000 grados día (Td base inferior= 0°C) **DT**: días con Tx<25°C y Tn>13,3°C; **GDTx**: suma del excedente diario de Tx respecto a 28°C cuando Tx>=28°C, **GDTn**; **TnM**; **TxM**; **DS**; **PrecAc**; **DPrecHR**; **PPrecHR**; **DPrecTHR**; **PPrecTHR**; **DTHR**: idem AE; **DPrecT**: días con simultánea ocurrencia de Prec>1 mm y Tx<25°C y Tn>13,3°C; **DHR**: días con HR>=85%. **D**: días totales del período crítico

Fumonisin

Muestras de grano de maíz extraídas de ensayos en EEA INTA sembrados con híbrido experimental susceptible (Base de datos filtrada. N=33)

Modelo logístico respuesta ordinal

$$\text{LogitPrS} = -7,7131 + 2,2475 \text{PPrecTHR}_{AE} + 0,0865 \text{DHR}_{MF}$$

$$\text{LogitPrMac} = -2,0093 + 2,2475 \text{PPrecTHR}_{AE} + 0,0865 \text{DHR}_{MF}$$

PrecP=84.8%
(28/33*100)

PPrecTHR_{AE}: periodos de dos días con ocurrencia de Prec>0.2 mm, Hr>70%, y Tx<33°C y Tn>19,5°C (día 1) y HR>70% en el segundo día

DHR_{MF}: días con HR>=85%.



Período crítico donde se calculan las variables

AE: Aparición de estigmas

MF: Madurez fisiológica



Fumonisin

1 Muestras de grano de maíz extraídas de camiones en terminales portuarias (se sabe sitio de origen en región pampeana) (Analizadas por ITA) Campañas:2004/05 a 2006/07 . N=42

$$\text{LogitProbS} = -9,0506 + 1,3652 \text{ DPrT}_{AE} + 0,9116 \text{ DPrT}_{MF} \quad \text{PrecP}=88,1\%$$

$$\text{LogitProbMac} = -6,762 + 1,3652 \text{ DPrT}_{AE} + 0,9116 \text{ DPrT}_{MF}$$

DPrT_{AE} : días con ocurrencia simultánea de $\text{Pr} > 0.2 \text{ mm}$, y $\text{T}_x < 32.9^\circ\text{C}$ y $\text{T}_n > 18^\circ\text{C}$

DPrT_{MF} : total de días con ocurrencia simultánea de $\text{Prec} > 1 \text{ mm}$, y $\text{T}_x < 25^\circ\text{C}$ y $\text{T}_n > 13.3^\circ\text{C}$

2 Muestras de grano de maíz extraídas de ensayos con híbridos convencionales y Bt en sitios del NOA. Analizadas por Elisa. Campañas:2009/10 a 2011/2012 N=26

$$\text{Logit ProbS} = -4,5375 + 0,867 \text{ DPrT}_{AE} * \text{DPr}_{MF} + 4,9081 * \text{Sus}$$

DPrT_{AE} : número de días con registro de $\text{Pr} > 1 \text{ mm}$, en el intervalo térmico: $\text{T}_x < 33^\circ\text{C}$ y $\text{T}_n > 18^\circ\text{C}$

DPr_{MF} : días con registros de $\text{Pr} > 0,2 \text{ mm}$

Sus: susceptibilidad de híbridos: 1: convencionales; 0: Bt

Período susceptible donde se calculan las variables

R1: Aparición de estigmas



Madurez fisiológica

Modelo 1	17/12	15/1	15/2	2/4
Modelo 2	650 °D	900 °D	1880 °D	2160 °D (desde siembra)

Lago
de los Cántaros



Muchas gracias