



SEMINARIO TÉCNICO

GRUPO: GTI-AGRICULTURA

"Cultivos de invierno"

Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"

Ruta Gral. Artigas (3) km 363- Paysandú- Uruguay

JUEVES 7 DE JULIO DE 2005

Unidad de Difusión

Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"

Universidad de la República

Ruta 3 km 363 - PAYSANDU

Tel. 598 720 2250 - 598 720 2259 Telefax: 598 72 27950/41282

Correo electrónico: eemac@fagro.edu.uy - web: www.fagro.edu.uy/eemac/web

SEMINARIO TÉCNICO
GRUPO GTI AGRICULTURA

"Cultivos de invierno "

Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"
Facultad de Agronomía
Ruta 3 "Gral. Artigas" Km. 363 - Paysandú

JUEVES 7 DE JULIO DE 2005

PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Hora :9.00 Inicio

Trigo y Cebada: ¿cuánto sembrar y con qué tecnología?

Hora: 12.45 Almuerzo

**Hora: 14.00 El manejo de las enfermedades como factor
relevante en la ecuación económica en trigo y
cebada**

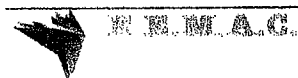
El caso del Fusarium

El caso de las manchas foliares

Hora : 17.00 Finalización

A cargo de los técnicos:

**O. Ernst, E. Hoffman, A. Castro, F. Gamba, L. Viega, S. Mazzilli
y V. Gestido**



Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"

Teléfonos: (598 72) 27950-41282 - (598 720) 2259-2250

Ruta 3 Gral. Artigas km 363 - PAYSANDU-URUGUAY

Correo Electrónico: eemac@fagro.edu.uy Página Web: www.fagro.edu.uy/eemac

**PROYECTO: Bases fisiológicas de respuesta a las
enfermedades de hoja en cultivos de Invierno.**
Bases fisiológicas de respuesta al estrés provocado por mancha borrosa
(causada por *Cochliobolus sativus*) en cebada cervecera
EEMAC-Facultad de Agronomía.
Año I. Financiado por la Mesa Nacional de la Cebada

Ings. Agrs. E. Hoffman, L. Viega, C. Pérez, A. Castro.
Tesistas. Bach. Marco Peverelli – Bach. Federico Vignolo
Bach. Marcos Cristino – Alejandro Nopitsch

Introducción.

La evolución sintomatológica puede ser insuficiente para explicar los comportamientos diferenciales de los cultivos de invierno en respuesta a las enfermedades de hoja y las posibles interacciones con el ambiente y el genotipo. Ante similares situaciones de incidencia y severidad pueden registrarse respuestas diferenciales al estrés provocado por este tipo de patógenos. El estudio de las respuestas fisiológicas a dicho estrés permitirá separar y entender las diferentes causales de estas y conocer a la vez cuales son los mecanismos involucrados en las distintas reacciones. El proyecto busca conocer las relaciones entre los distintos procesos fisiológicos y los patrones de respuesta al estrés sanitario, avanzando en el estudio del potencial de indicadores del nivel de estrés sanitario. Se evaluaron para el primer año (2003) en condiciones de campo cultivares de cebada contrastantes en su comportamiento sanitario a mancha borrosa (causada por *Cochliobolus sativus*) y su relación fuente-fosa (F-F). Se realizaron modificaciones mecánicas de fuente y fosa en combinación con dos situaciones sanitarias contrastantes (inoculación artificial y protección con funguicidas durante todo el ciclo del cultivo). Se determinó, la evolución de la incidencia y severidad de mancha borrosa, parámetros de crecimiento, desarrollo, y resultado productivo, variables fisiológicas, e indicadores asociados en la bibliografía a mecanismos de respuesta al estrés.

Objetivo general

Conocer las bases fisiológicas de la respuesta al estrés provocado por enfermedades de hoja en los cultivos de invierno para la condiciones de producción en el Uruguay.

Objetivos específicos

- Estudiar el efecto del estrés provocado por mancha borrosa en cebada, sobre las principales variables fisiológicas y de producción, en situaciones de elevado potencial de producción.
- Detectar comportamientos diferenciales en cultivares de cebada en cuanto a su respuesta al estrés provocado por mancha borrosa, determinando las variables fisiológicas asociadas con los distintos niveles de reacción frente al estrés provocado por esta enfermedad.
- Generar las bases que permitan construir indicadores objetivos del nivel de estrés provocado por esta enfermedad.

Materiales y Métodos

Se sembraron 6 cultivares de cebada con diferencias en su comportamiento frente a manchas borrosas en condiciones de campo. Se generó variación en el estado sanitario mediante control químico (testigo sin enfermedad) e inoculación artificial (tratamiento con enfermedad). Los tratamientos se detallan en el siguiente cuadro.

Relación Fuente-Fosa	A			B		
Comportamiento frente a Mancha Borrosa (**)	A (S)	I	B(R)	A (S)	I	B(R)
Cultivar	E. Quebracho	Clipper	Daymán	Q. Palomar	Musa 936	Carumbe
Sanidad						
Inoculado	*	*	*	*	*	*
Protegido	*	*	*	*	*	*

(**). Caracterización de cultivares en base a la información disponible del programa nacional de evaluación de cultivares de cebada INIA-INASE. S = Susceptible, I = Intermedio y R = resistente. 2002

Se determinó la evolución de incidencia y severidad de las manchas, número de hojas totales y senescentes, rendimiento y componentes, IAF, DAF, fotosíntesis, conductancia estomática en forma directa e indirecta a través de CTD y concentración de carbohidratos y prolina en hoja.

Para cada nivel de enfermedad se generaron variaciones en la fosa y en la fuente. En parte de las parcelas se seleccionaron plantas de la misma hilera las cuales fueron sometidas a remoción del 34% de los granos, y defoliación de toda la lámina de la hoja bandera y 50% de la primera hoja a partir de 5 días pos- Z 47. En el cuadro adjunto se detallan la combinación de defoliación y remoción de granos a la cual fueron sometidos cada uno de los cultivares.

<i>Inoculado</i>	<i>Protegido</i>
Sin remoción granos	Sin remoción granos
Con remoción (34%)	Con remoción (34%)
Desfoliado sin remoción *	Desfoliado sin remoción *

*.- 100 Hoja bandera y 50% de primera hoja por debajo e la hoja bandera.

La multiplicación e inoculación artificial fue desarrollado en el Laboratorio de Fitopatología de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni. Se realizó una primera multiplicación del inóculo en placas de Petri con PDA, y luego de generalizada la generación de conidios en cada placa, se realizó el macerado del medio e inoculación de granos de sorgo esterilizados previamente en autoclave por 25 min. En condiciones controladas se dejó incubar al grano inoculado de forma de favorecer la colonización de los granos por el hongo. Luego de lograr la colonización esperada se dejó secar los granos a la sombra. Posteriormente fueron almacenados en bolsas de papel en

condiciones secas hasta el momento de su utilización en el campo. La inoculación se realizó en Z 33 a razón de 5 – 10 g de sorgo por m².

Se instrumentaron los tratamientos de protección, utilizando Epoxiconazole + carbendazim a 1000 cc de PC.ha⁻¹ a partir de primeros síntomas, los cuales se alcanzaron en torno a Z 47.

I.- Caracterización climática 2003

En las siguiente figura se presenta la información que permite caracterizar al año 2003.

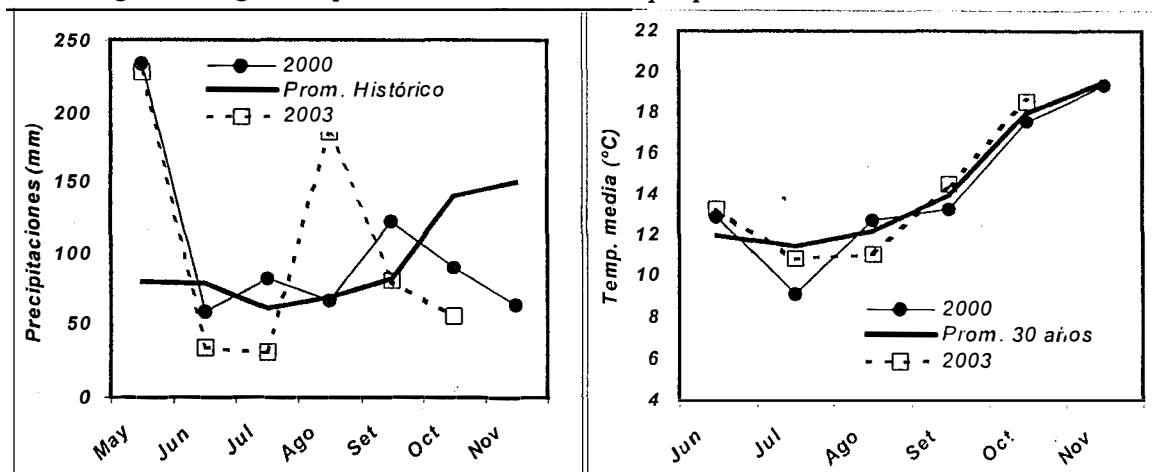


Figura 1.- Variación en las precipitaciones y temperatura medias mensuales en relación a la media histórica regional y en contraste con el año 2000 (año de elevado potencial asociado a muy buenas condiciones ambientales).

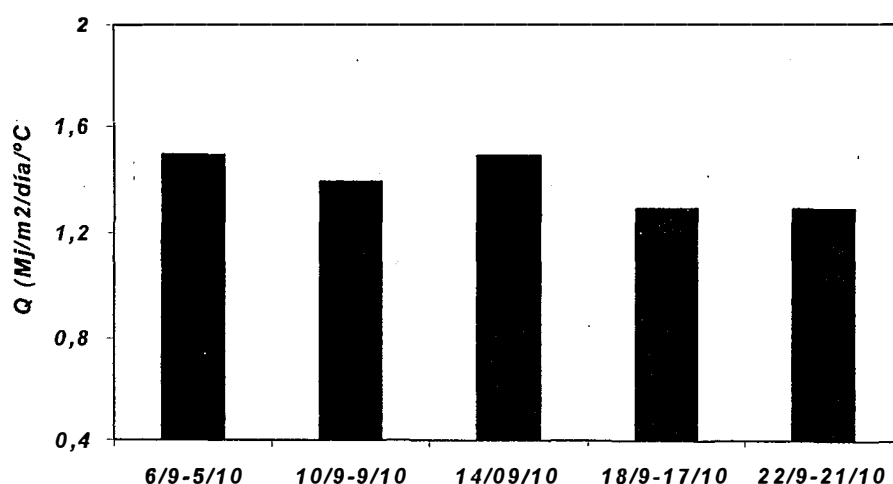


Figura 2. Coeficiente Fototermal para el 2003. Relación radiación media interceptada, temperatura media por encima de 4.5 °C 30 día preantesis.

En general fue un año muy bueno desde el punto de vista de la temperatura y la radiación. Las temperaturas durante todo el período de macollaje fueron muy bajas y se incrementaron rápidamente hacia setiembre. Esta condición puede estar explicando el bajo macollaje general observado (cuadro 1). Las precipitaciones por debajo de lo normal en Octubre, durante el llenado de grano pueden en primer lugar interaccionar

con los distintos tratamientos realizados y en segundo lugar para algunos cultivares afectar el número de granos por espiga y peso final de grano.

II.- Resultados Preliminares.

En cuadro 1, podemos ver para todos los cultivares en promedio los distintos componentes del rendimiento.

Cuadro 1.- Rendimiento y componentes promedio.

Plantas.m ⁻²	200
Macollos.m ⁻² a Z 30	795
Fertilidad de tallos (%)	74
Espigas.m ⁻²	588
Granos.espiga ⁻¹	16
Granos.m ⁻²	9539
Peso de grano (g)	42
Rendimiento(kg.ha-1)	4052

En promedio y considerando las condiciones climáticas antes comentadas, el desempeño medio del cultivo puede considerarse aceptable. Sin embargo en contraste con lo observado a nivel de producción, el rendimiento experimental fue menor a lo esperado. En base a la información nacional disponible el número de tallos máximos a Z 30 estuvo por debajo del óptimo y el número de granos por espiga fue más bajo que lo esperado.

En el siguiente cuadro, se presenta el efecto medio del control químico de enfermedades para todos los cultivares.

Cuadro 2- Rendimiento y componentes según tratamiento: protegido - inoculado

	Protegido	Inoculado
Plantas.m ⁻²	198	202
Macollos .m ⁻²	805	785
Fertilidad de tallos (%)	74	74
Espigas.m ⁻²	598	577
Granos .espiga ⁻¹	16.0	16.0
Granos.m ⁻²	9612	9466
Peso de grano (g)	42.4	41.8
Rendimiento(kg.ha-1)	4230	3929

En términos generales se aprecia una respuesta del orden del 7% (300 kg.ha-1) al uso de funguicidas. Si bien dichas diferencias no son importantes la principal comparación a realizar es el comportamiento diferencial de los cultivares en cuanto a la susceptibilidad a *Cochliobolus sativus*.

En la siguiente figura se presenta para los 6 cultivares evaluados la evolución de la severidad en hoja para los tratamientos, inoculado y tratado.

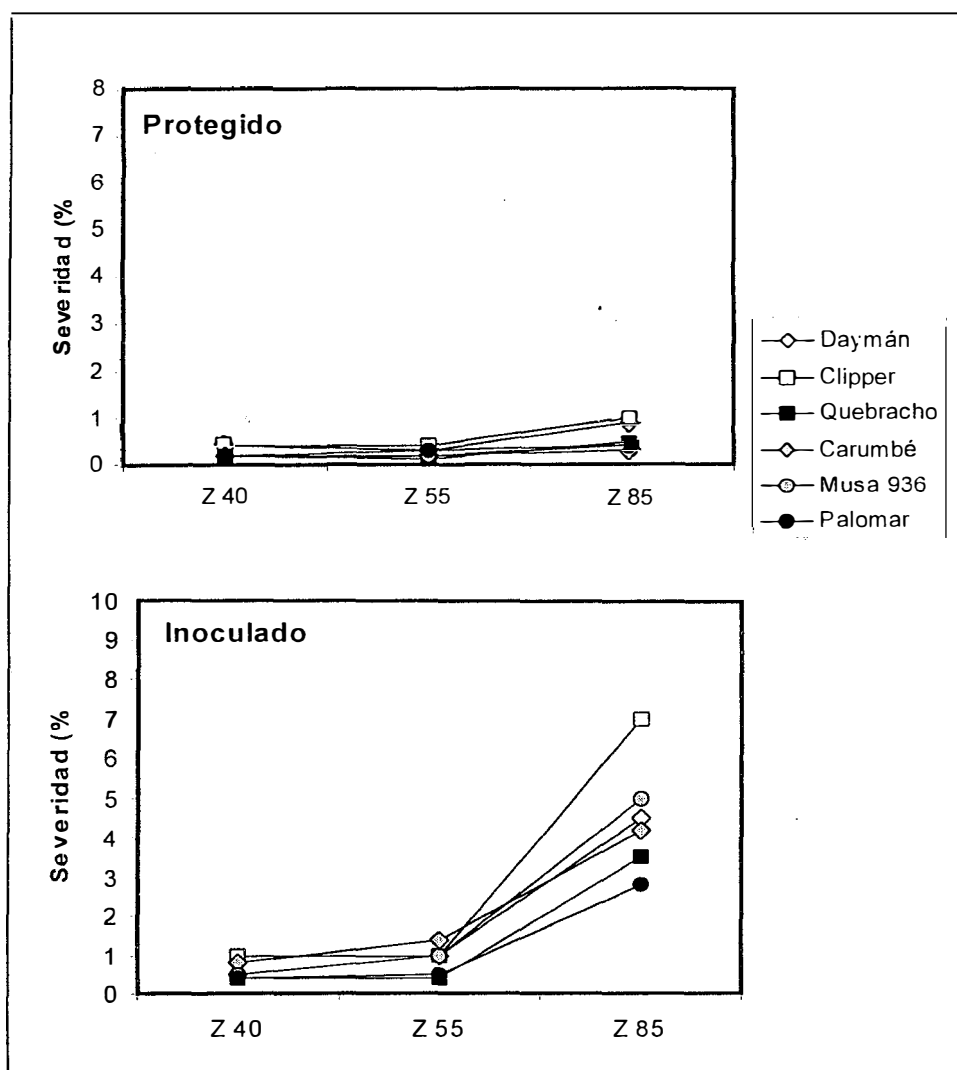


Figura 3.- Evolución de severidad por cultivar para los tratamientos protegido e inoculado.

Los mayores niveles de severidad de mancha borrosa se hicieron visibles hacia fin de ciclo del cultivo y por tanto la respuesta esperable debería estar basada en cambios a nivel del peso de grano o sea en la etapa de concreción del rendimiento potencial generado.

Cabe remarcar que los niveles finales de severidad fueron bajos y los cultivares considerados más susceptibles contrariamente a los esperado no fueron los que tuvieron los mayores valores de infección. Considerando el nivel de discusión actual en cuanto a la capacidad de daño de enfermedades como mancha borrosa, especialmente a bajos niveles de severidad, este primer año de trabajo puede ser clave para entender el estrés al que se ve sometido un cultivo con baja manifestación visible a nivel de hoja de esta enfermedad.

En la siguiente figura se presenta la respuesta en rendimiento en grano para los distintos cultivares a niveles contrastantes de severidad de mancha borrosa.

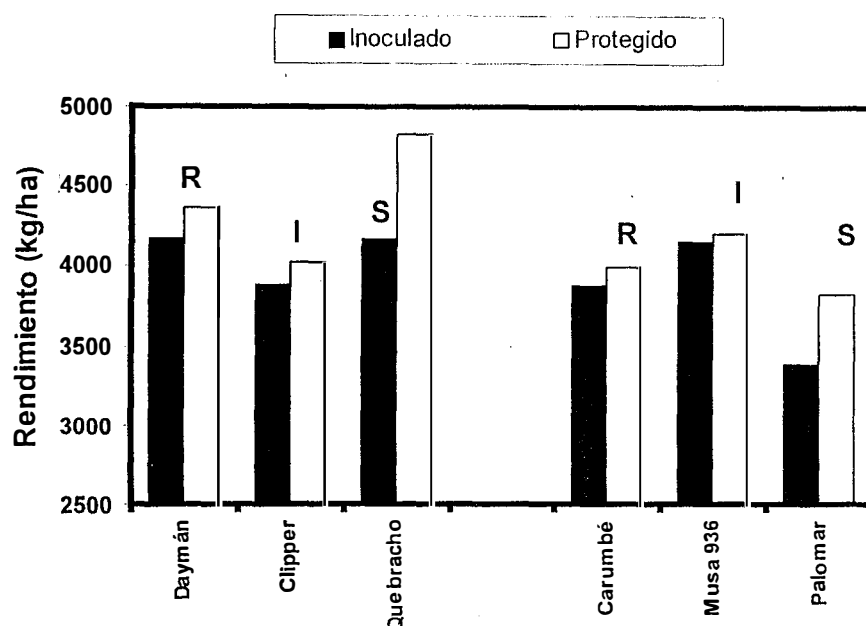


Figura 4.- Respuesta al control químico para los 6 cultivares evaluados (R = resistente, I = intermedio y S = susceptible). (Caracterización de los cultivares antes de la siembra realizado por la Facultad de Agronomía Carlos Pérez y F. Gamba).

Cuadro 3- Rendimiento y componentes por cultivar según tratamiento: protegido (P) o inoculado (I)

	Clipper		Quebracho		Daymán		Palomar		MUSA 936		Carumbe	
	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I
Plantas/m2	183	164	229	219	211	207	197	184	199	208	170	232
Macollos /m2	888	708	867	856	809	712	869	828	646	713	751	893
Fertilidad (%)	78	82	70	69	70	76	66	71	90	84	78	64
Espigas/m2	678	567	609	592	559	547	569	593	587	600	586	568
Granos/m ²	10339	8726	10252	10078	9512	8755	10255	10681	9405	10205	8308	8352
PMG	45	45	47	43	48	47	42	39	44	43	45	44
Granos.espiga ⁻¹	15	15	16	17	17	16	18	18	16	17	14	15
Rend. (Kg7ha)	4030	3740	4824	4182	4417	4232	3892	3368	4213	4161	4006	3894

En el cuadro 3 se aprecia que no existe relación alguna entre respuesta al control y nivel de severidad, para ninguno de los estadios. Similares resultados fueron encontrados por García (2003) en trigo. Podemos ver que la respuesta al control interacciona claramente con el cultivar, estando más asociado con la caracterización previa que a los valores de severidad registrados.

Cuando se descompone la interacción, los cultivares considerados susceptibles (Estanzuela Quebracho y Quilmes Palomar), respondieron en la forma esperada evidenciando un mayor nivel de estrés provocado por *Bipolaris Sorokiniana* aún bajo muy reducidos valores de severidad. Los dos cultivares susceptibles alcanzaron valores máximos de severidad a final de ciclo de 3% y sin embargo la respuesta relativa en rendimiento en grano al control químico se ubicó en 14 %. Para las condiciones experimentales los cultivares restantes no expresaron respuesta a pesar de que algunos de ellos mostraron mayores valores de severidad (Musa 936 y Clipper). Las diferencias de rendimiento en grano de 500 y 700 kg,ha⁻¹ en respuesta al tratamiento, para Q. Palomar y E. Quebracho, respectivamente, estarían indicando que el nivel de estrés

provocado por esta enfermedad para cultivares susceptibles no está siendo correctamente estimado por la severidad.

De todas las variables fisiológicas hasta ahora analizadas, la variable mejor correlacionada con el rendimiento en grano bajo las condiciones de estrés hídrico impuesto por el año, fue la fotosíntesis a inicio de llenado de grano. Para este primer año los tratamientos (inoculado y protegido) no afectaron el IAF y el DAF, por tanto la cantidad de área foliar verde y su mantenimiento no permite explicar las diferencias entre cultivares.

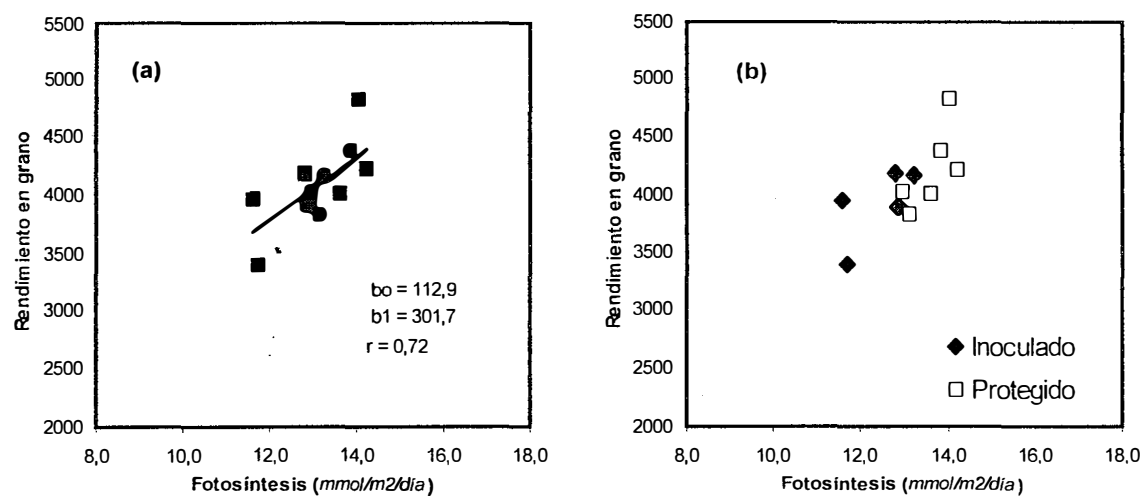


Figura 5.- Rendimiento en grano en función de la fotosíntesis a inicio de llenado de grano (a) y para los tratamientos inoculado y protegido (b).

La reducción promedio de 10 % en la tasa fotosintética a inicio de llenado de grano, se puede asociar para el conjunto de los cultivares evaluados a una reducción de 7% en el rendimiento en grano.

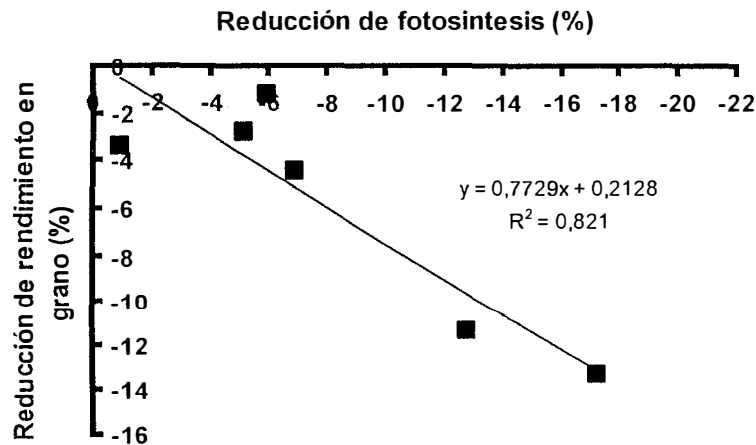


Figura 6.- Reducción de rendimiento provocado por *Cochliobolus sativus* en función de la reducción de la tasa fotosintética a inicio de llenado e grano.

Una proporción importante de la variación en las pérdidas de rendimiento se puede explicar por la disminución de la fotosíntesis en respuesta al estrés provocado por *Cochliobolus sativus*. Aquellos cultivares que a pesar de los bajos niveles de severidad observados, redujeron en forma significativa el rendimiento en grano en respuesta a la inoculación, manifestaron depresiones en la tasa fotosintética a inicios de llenado de grano. En la siguiente figura se presenta las diferencias para los distintos cultivares evaluados.

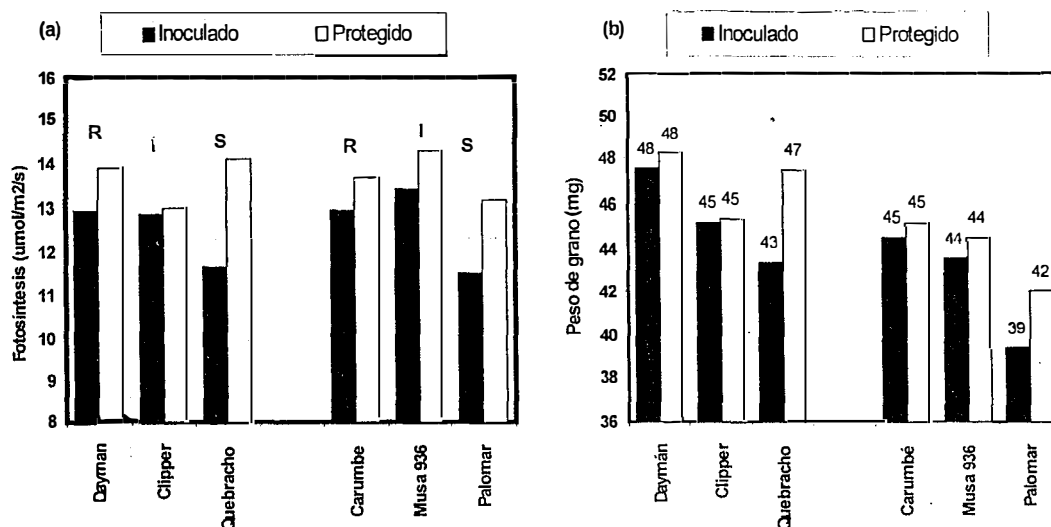


Figura 7.-Fotosíntesis a inicio de llenado y peso final de grano según variedad para los tratamiento inoculado y protegido.

Es abundante la información disponible acerca de la relación entre la fotosíntesis y el peso de grano durante el llenado. Estos cambios a nivel de fijación de carbono durante el llenado de grano aparecen como los responsables de las diferencias observadas en peso de grano en respuesta al estrés.

Todas las variedades se vieron sometidas al estrés térmico e hídrico durante el llenado de grano, lo cual llevo en promedio (sin diferencias entre cultivares y tratamientos) a que el coeficiente de depresión de la temperatura (CTD) a inicio de llenado fuese muy bajo (2.6°C) y llegase casi a cero transcurrido dos tercios del llenado de grano. Los valores bajos de CTD, están asociados a bajos déficit de presión de vapor y cierre estomático (Reynolds et al. 1997) y por tanto podrían ser indirectamente tomado como un indicador del estrés hídrico para las condiciones del experimento. La escasa diferencia entre la temperatura del follaje y el aire, estaría indicando que el cultivo estuvo bajo estrés y no logró mantener un adecuado ritmo transpiratorio. Para estas condiciones se espera baja conductancia estomática y por tanto caída de la fotosíntesis. El estrés extra ocasionado por las enfermedades de hoja puede por tanto explicar en parte los resultados aquí obtenidos.

Es importante destacar que estos resultados son de un primer año y por tanto la repetibilidad de las relaciones aquí observadas así como los valores absolutos de reducción de rendimiento encontrados frente a muy bajos valores de severidad, son a priori válidos para condiciones experimentales similares. Sin embargo estas condiciones climáticas, son frecuentes en particular para la zona norte.

III.- Ultimas consideraciones

El conocimiento actual de los efectos del estrés biótico causado por manchas foliares y en particular mancha borrosa, para las condiciones de producción del cultivo de cebada en el Uruguay es escaso. Reducciones importantes en rendimiento final no han sido posibles de ser explicadas por los valores de incidencia o severidad registrados. Se considera por tanto necesario profundizar en aspectos de la fisiología del cultivo que intenten explicar dichas diferencias.

A tales efectos se desarrolló durante la zafra 2003, en la EEMAC, el primer año del presente proyecto cuyo objetivo general apunta a generar conocimiento respecto a los principales parámetros fisiológicos afectados por la ocurrencia de mancha borrosa y en particular, las respuestas diferenciales de cultivares caracterizados con distintos grados de susceptibilidad o resistencia a dicha enfermedad.

Bajo la hipótesis, generalmente aceptada, que el efecto visible de dichas enfermedades es la reducción del área foliar verde y en consecuencia la disminución de la capacidad fotosintética del cultivo, se seleccionaron para el estudio seis cultivares con relaciones fuente fosa diferente. Así mismo dichos cultivares pertenecen a las tres categorías de respuesta a la enfermedad: resistentes, intermedios y susceptibles. Cada cultivar fue sometido a dos tratamientos: protegido e inoculado y en cada caso se modificó durante el llenado de grano la relación fuente fosa a través de defoliación o desgrane.

Las condiciones climáticas del año 2003, no propiciaron infecciones naturales importantes, sin embargo se apreció un incremento del 7% en el rendimiento promedio de los tratamientos protegidos en relación a los inoculados, aunque en promedio esta diferencia no alcanzó a ser significativa. La severidad fue baja en todos los casos y en particular en los cultivares considerados susceptibles (Quebracho y Palomar). A pesar de ello, los cultivares susceptibles mostraron la mayor reducción en rendimiento en grano, siendo significativa para el cultivar E. Quebracho. Esta reducción se asocia a un descenso en la concreción del rendimiento potencial durante el llenado de grano. De las variables fisiológicas estudiadas hasta el momento la actividad fotosintética al inicio del llenado de grano fue la que mejor explicó las diferencias en rendimiento final. En función que no se evidenciaron reducciones importantes o diferenciales entre cultivares ni del área foliar verde ni de la duración de dicha área foliar, los resultados preliminares sugieren que existen respuestas fisiológicas que anticipan a las reacciones visibles de pérdida de hoja en cultivos afectados por la enfermedad. Los cultivares susceptibles presentaron menor nivel de severidad y a pesar de ello la reducción en rendimiento fue mayor. Dadas las condiciones particulares del año, bajos niveles de infección natural y estrés hídrico al final del ciclo (estimado a través del índice de depresión de la temperatura foliar) los resultados se consideran auspiciosos pero insuficientes para generar conclusiones más definitivas.

SEMINARIO DE DISCUSIÓN TÉCNICA

Posibilidades de predicción y control químico de fusariosis de espiga

EEMAC – Facultad de Agronomía

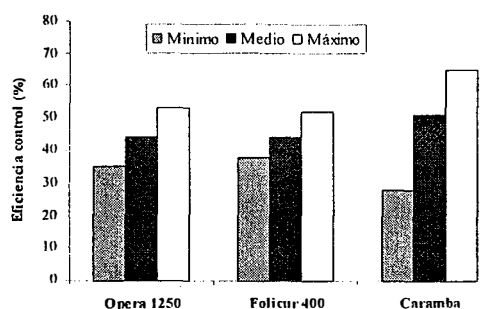
7 julio de 2005

¿CUÁNDO APLICAR?

- Recomendación actual
 - Aplicaciones a inicio de floración en trigo y a espigazón en cebada resultan ser las más eficientes
 - Los productos de mejor comportamiento en cuanto a eficiencia de control son Folicur (tebuconazol) y Caramba (Metconazol)

Díaz *et al.*, 2002

Eficiencia de control de fusariosis de espiga



Limitantes

- No todos los años existieron condiciones predisponentes para la ocurrencia de infecciones de fusariosis de espiga.
- ¿Las bajas eficiencias están asociadas a los años con o sin problemas?
- ¿Es efectivamente inicio de floración el momento adecuado para aplicar el funguicida en la totalidad de los años?
- ¿La severidad no puede cambiar a incidencia constante?

Análisis económico de aplicar 100 % años

- 20 % Años con Fusariosis espiga (Díaz *et al.*, 2002)

- Aumentos de rendimiento

Mínimo	796
Medi.a	1047
Máximo	1461

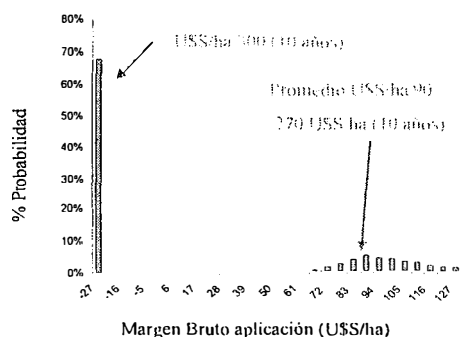
- Precios

Precio aplicación	30
Precio Trigo	0,11

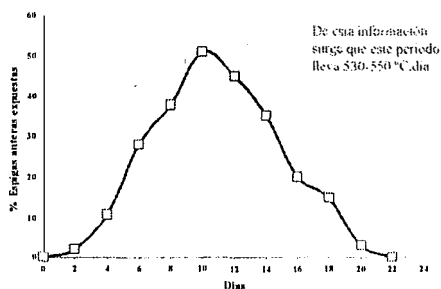
- Rendimiento

	Con	Sin
Max	1501	2970
Min	1149	2534
Media	1325	2757

Análisis económico de aplicar 100 % años



Evolución de la floración



de Souza y Formento, 2004

Modelo Moschini y Fortugno (1996)

$$\% I = 20,37 + 8,63 \cdot NP - 0,49 \cdot DG$$

$$NP = 1^{\circ} \text{ día lluvia} + HR > 81\%$$

$$2^{\circ} \text{ día } HR > 78\%$$

$$DG = \sum \{(\text{Max } T - 26) + (9 - \text{Min } T)\}$$

- *Comienzo*: 8 días previo a plena espigazón
- *Fin*: 530 grados día base.

Resumen modelos Incidencia

	PI
1996 (1)	$20,37 + 8,63 \times NP_2 - 0,49 \times DD_{926}$
2001 (1)	$20,37 + 8,63 \times NP_2 - 0,49 \times DD_{930}$
1996 (2)	$18,34 + 4,12 \times NP_{12} - 0,45 \times DD_{1026}$
2001 (2)	$18,34 + 4,12 \times NP_{12} - 0,45 \times DD_{1030}$

PI: Porcentaje de Incidencia

NP₂: número de periodos de 2 días en los cuáles en el primer día ocurren precipitaciones (≥ 0.2 mm) y el % de humedad relativa (%HR) es $> 81\%$ y en el segundo día el %HR es $\geq 78\%$

NP₁₂: Igual de periodos NP₂ más el número de días en los cuáles existen precipitaciones (≥ 0.2 mm) y el promedio de %HR > 83

DD abt: $\sum [(MaxT) - b) + (a - MinT)]$

MinT: Temperatura mínima

MaxT: Temperatura máxima

Resumen modelos Severidad

	%S
PS	$-1,010225 + EXP(0,137449 \times PI)$
PMS	$-1,02573985 + EXP(0,27209 \times PI)$

%S: Porcentaje de severidad.

PS: Porcentaje de severidad para cultivos susceptibles

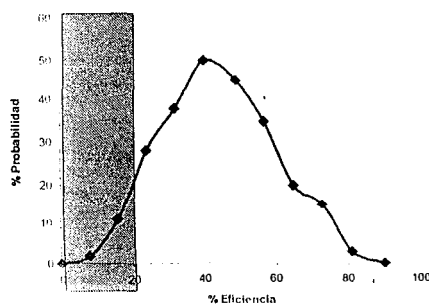
PMS: Porcentaje de severidad para cultivos no fuertemente susceptibles

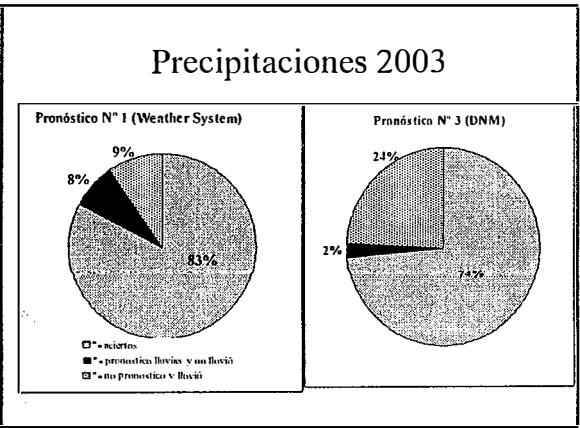
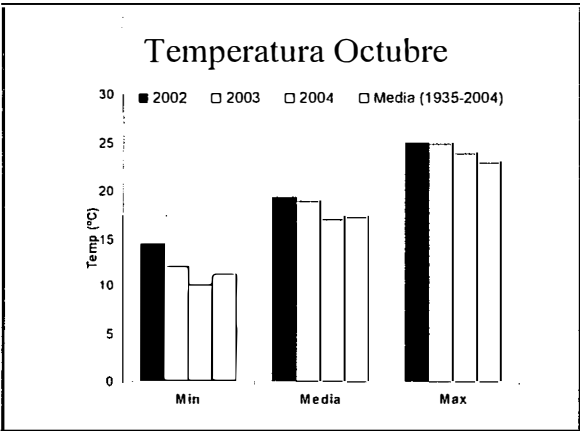
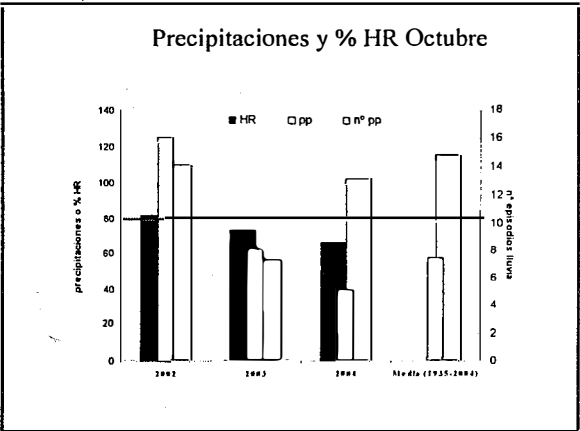
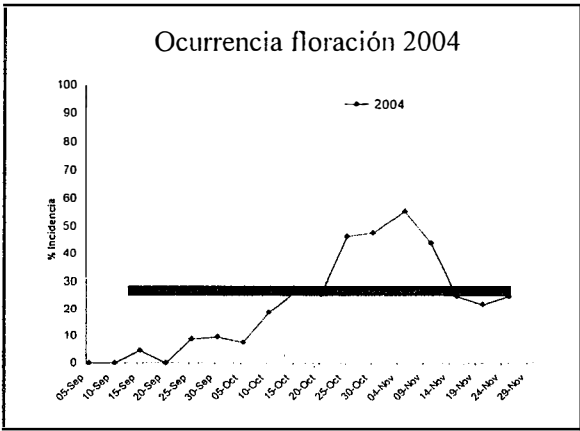
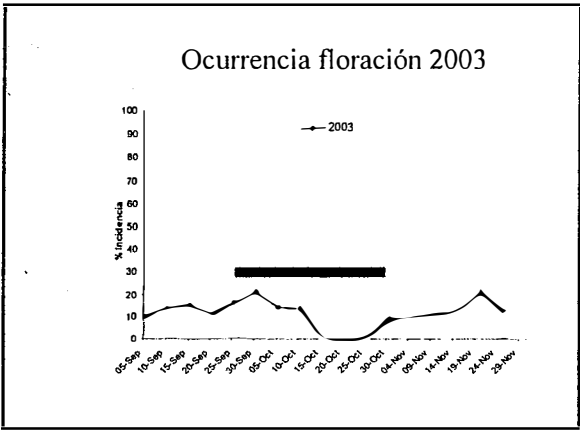
Uso en EEMAC

Validar el modelo para la zona de influencia de la EEMAC

- Predecir periodos con condiciones predisponentes.
 - Pronósticos
 - Área de influencia de la estación meteorológica (50 km)

Curva teórica de eficiencia





Humedad Relativa II

	2003		2004	
	a	b	a	b
N° pronosticos	69	74	117	186
N° veces pp + HR	12	12	29	29
N° veces error	10	6	0	12
% Error	83%	50%	0%	41%

Análisis Resultados

- **Condición 1:** Se considera condición predisponente a cualquier aumento en el %I estimado por el modelo, sin importar el valor absoluto ni la magnitud del salto.
- **Condición 2:** Se considera periodo cuando el %I estimado por el modelo alcanza valores iguales o mayores al 30%
- **Condición 3:** Se considera periodo cuando el %I estimado por el modelo alcanza valores iguales o mayores al 30 %, pero estos no se alcanzan en el periodo previo a la floración (8 días antes de floración usados por el modelo).

CONDICIÓN 2

	SI	NO	SI	NO
Trat	% I		% S	
Testigo	18,2	19,9	14,1 a	11,1
Aplicado	13,9	14,7	11,0 b	10,1
P>F	0,3248	0,2033	0,087	0,4609

Resultados Micotoxinas

	DON (ppm)			
	No		Si	
	2003	2004	2003	2004
Testigo	0,7	0,5	0,3	0,5
Aplicado	0,5	0,5	0,3	0,5

Consideraciones finales

A pesar de ser dos años con condiciones de baja incidencia

- Buen ajuste del modelo en la determinación de no aplicación
- Herramienta para racionalizar el número de aplicaciones