

mientras que el citoplasma A₂ presentó el menor valor sin mostrar diferencia estadística con el citoplasma A₃ de acuerdo a la comparación de medias (Cuadro 8).

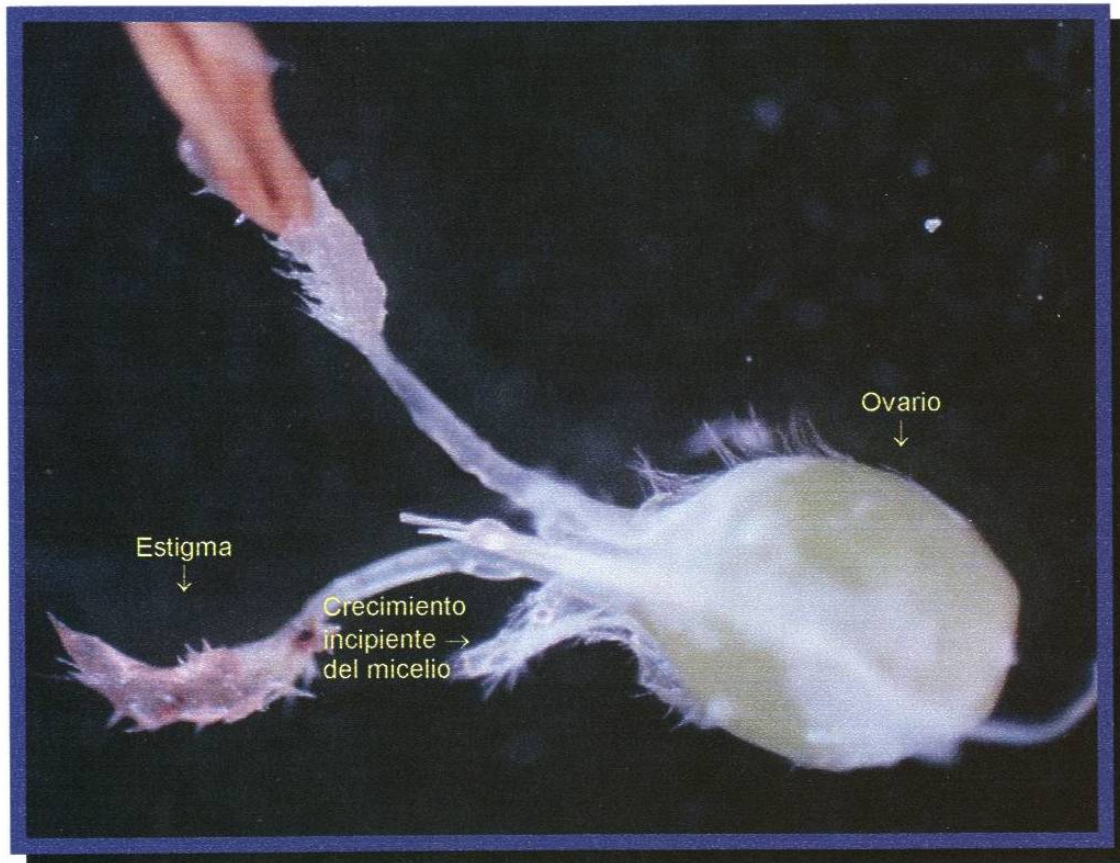
Cuadro 8. Comparación de medias de la variable número de florecillas por panoja de la línea isogénica ATX398 con los tipos de citoplasma A₁, A₂, A₃ y A₄. Caracteres asociados con la resistencia a ergot

Tratamiento	Media*	
ATx398 A ₄	446	a
ATx398A ₁	390	a
ATx398A ₃	286	b
ATx398A ₂	231	b

*Letras diferentes muestran diferencia significativa ($P < 0.05$).

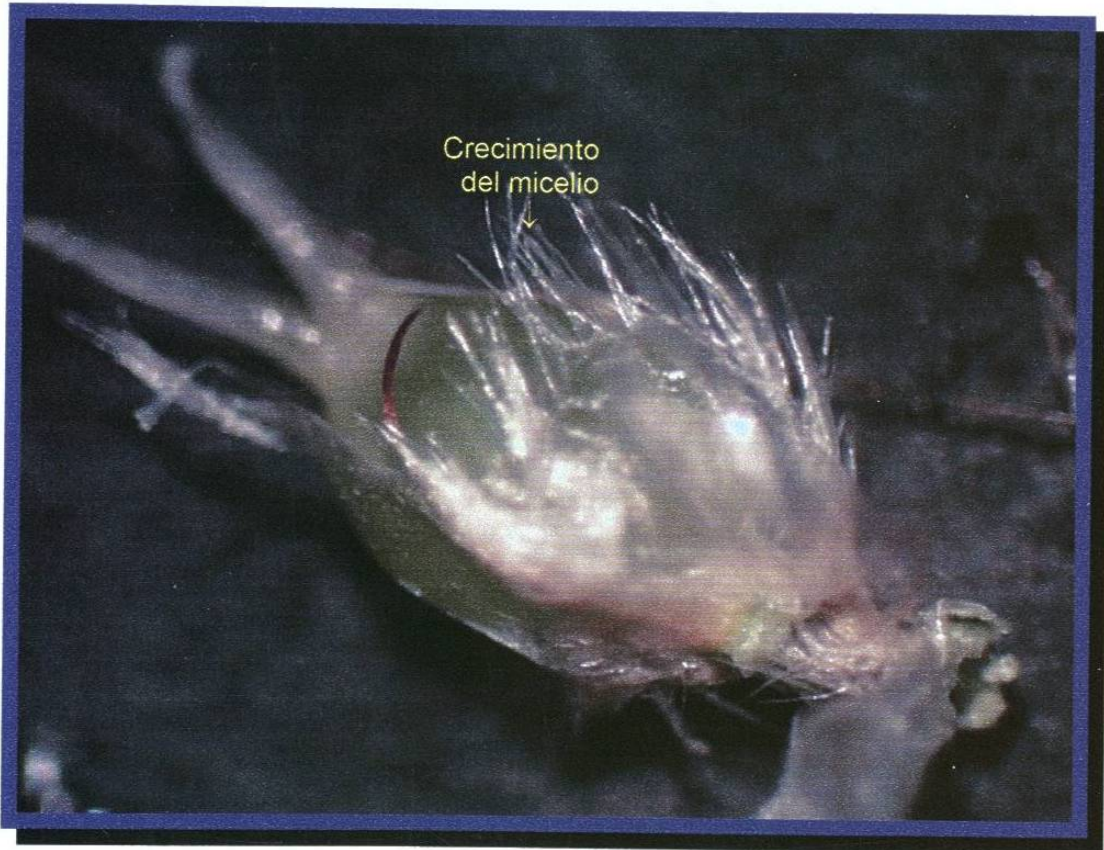
Para la variable resistencia-susceptibilidad a ergot, las inoculaciones realizadas fueron exitosas ya que el patógeno se estableció en el hospedero y llevó a cabo el proceso infeccioso, de manera que el crecimiento y la invasión del hongo pudo ser observado. En la Fotografía 9 se observa un ovario después de tres días de haber sido inoculada la florecilla; en éste se observa el crecimiento incipiente de micelio blanquecino manifestado alrededor del ovario, dicho micelio constituido por hifas hialinas y septadas. Esto concuerda con Frederickson *et al.*, (1990) quienes citaron que en *C. africana*, la germinación y el posterior crecimiento intercelular a través de los pelos estigmáticos hasta llegar a las paredes ovario, se da en los primeros tres días de que el patógeno

llega a estigmas receptivos.



Fotografía 9. Ovario de una flor de sorgo atacado por ergot después de tres días de la inoculación. Caracteres asociados a la resistencia a ergot.

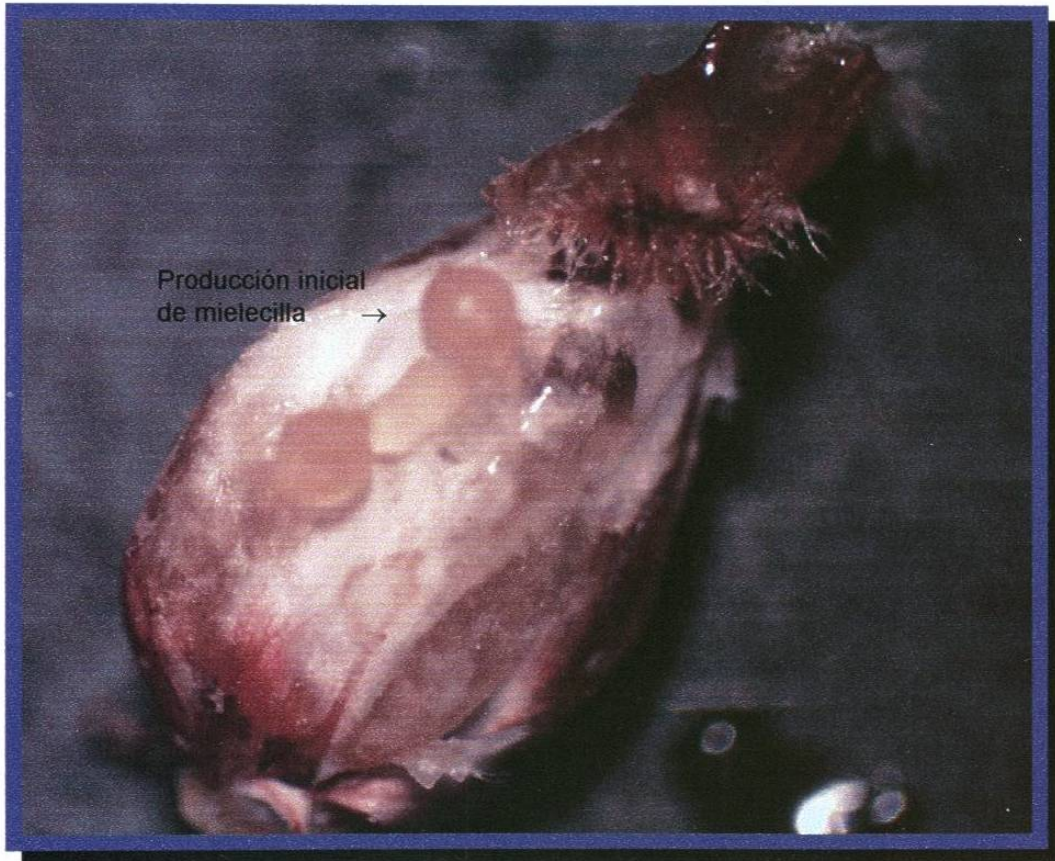
En la Fotografía 10 se muestra un avance en el crecimiento del micelio correspondiente al cuarto día de la inoculación. En esta se observa un desarrollo mayor del micelio, ya que se observan hifas invadiendo la parte superior del ovario.



Fotografía 10. Ovario de una flor de sorgo atacado por ergot después de cuatro días de la inoculación. Caracteres asociados a la resistencia a ergot.

En la Fotografía 11 se muestra un ovario completamente colonizado por el hongo, lo cual se observó a los seis días de efectuada la inoculación, donde se

observa la producción inicial de la mielecilla, característica principal que se observa visualmente en las flores dañadas por ergot.



Fotografía 11. Ovario de una flor de sorgo completamente afectado por ergot a los seis días después de la inoculación. Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

La exudación de mielecilla, que es la característica más evidente de la enfermedad, se observó a los siete días de efectuada la inoculación. En la fotografía 12 se muestran florecillas infectadas con la presencia del exudado meloso. Esta secuencia en los eventos de infección concuerdan con los citados por Frederickson *et al* 1990. Ellos mencionaron que el ovario entero es

reemplazado por conidióforos en un periodo de seis a ocho días en *C.africana*, mientras en otras especies de *Claviceps*, como *C. sorghi*, esto ocurre entre los ocho y diez días .



Fotografía 12. Exudación de la mielecilla en las flores dañadas por ergot a los siete días de la inoculación. Caracteres asociados a la resistencia a ergot.

Una vez que se determinó la presencia de la enfermedad a partir de la observación de florecillas con el exudado meloso, de acuerdo al método cuantitativo de Frederickson *et al.* (1994) para evaluar la enfermedad, se procedió a contabilizar el número de flores infectadas por panoja realizando los

conteos a intervalos de dos días, realizando un total de tres conteos. El conteo no se realizó diariamente porque el número de florecillas que manifestaban el exudado meloso no variaba, sino cada dos días. Después de seis días, el número de florecillas infectadas se mantuvo sin presentar variación.

Para el ANVA de la variable florecillas infectadas por panoja, se usó como covariable el número de florecillas por panoja. El análisis de covarianza (Cuadro A-3) presentó diferencias significativas entre tipos de citoplasma por lo que se procedió a realizar una prueba de comparación de medias. En este análisis, el tipo de citoplasma A₄ resultó con el menor valor de florecillas infectadas (9); mientras que el citoplasma A₁ tuvo el mayor número de florecillas infectadas (75). Los resultados se muestran en el Cuadro 9. En las Fotografías 13,14,15, y 16, se pueden observar panojas pertenecientes a los cuatro tipos de citoplasma en las cuales se puede apreciar el distinto grado de infección.

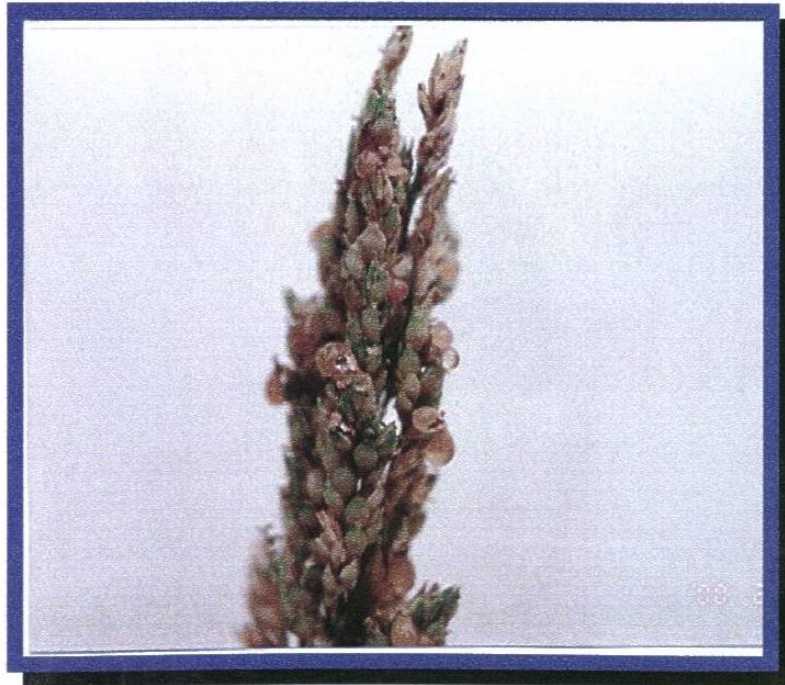
Cuadro 9. Comparación de medias de la variable número de florecillas infectadas por panoja de la línea isogénica ATX398 con los tipos de citoplasma A₁, A₂, A₃ y A₄. Ciclo O-I 1999. Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

Tratamiento	Media*	
ATX398 A ₁	75.	a
ATX398A ₃	17	b
ATX398A ₂	14.7	b
ATX398A ₄	9	c

*Letras diferentes muestran diferencias significativas (P<0.05).



Fotografía 13. Panoja perteneciente al citoplasma A₁, infectada por el hongo. Caracteres asociados a la resistencia a ergot.



Fotografía 14. Panoja perteneciente al citoplasma A₂, infectada por el hongo. Caracteres asociados a la resistencia a ergot



Fotografía 15. Panoja perteneciente al citoplasma A₃. infectada por el hongo.
Caracteres asociados a la resistencia a ergot.



Fotografía 16. Panoja perteneciente al citoplasma A₄ infectada por el hongo
Caracteres asociados a la resistencia a ergot.

Estos resultados concuerdan con los de McLaren (citado por Bandyopadhyay *et al.*, 1998) quién citó que al evaluar líneas isogénicas de sorgo “Martín” con cuatro tipos de citoplasma: A₁, A₂, A₃ y A₄, en cuanto a su resistencia a ergot, encontró que el citoplasma A₄ mostraba una tendencia a ser menos susceptible al patógeno; en cambio no concuerdan con los citados por Ortiz *et al.*, 1999, ya que ellos reportaron una mayor resistencia en el citoplasma A₂. Esto demuestra en parte, como las reacciones a la infección son tan complejas debido a los posibles efectos ambientales que hacen inconsistentes las respuestas de los genotipos.

En el presente trabajo, las líneas que fueron evaluadas son *isogénicas*, por lo que la diferencia aparentemente es debida al genoma citoplásmico. Muy poca información ha sido publicada acerca de la genética nuclear o citoplásmica de la resistencia a ergot en gramíneas, excepto para mijo perla. Thakur *et al.* (1989) citaron que la resistencia a ergot en mijo perla está controlada por un grupo de genes recesivos. De acuerdo a Frederickson *et al.* (1994), la resistencia fisiológica a *C. africana* en líneas A de sorgo no ha sido encontrada, ya que generalmente los mecanismos de resistencia están asociados con el proceso de polinización; sin embargo, Thakur *et al.* (1993) citaron que líneas androestériles de mijo perla resistentes a ergot se han desarrollado, sugiriendo con esto que la resistencia en líneas androestériles de sorgo es posible. La resistencia a ergot que han podido mostrar algunas líneas androestériles de sorgo está relacionada con corto periodo de apertura de estigmas, con la

compatibilidad entre el polen y los tejidos estigmáticos y con la naturaleza de las secreciones estigmáticas. En mijo perla resistente a *C. fusiformis*, se ha encontrado que en las secreciones estigmáticas se produce el triptófano, un aminoácido que aparentemente actúa como una sustancia inhibidora de la germinación de las conidios (Kannaiyan *et al.*, 1973). En el presente trabajo, no se realizaron evaluaciones acerca del periodo de apertura de estigmas ni de secreciones estigmáticas entre los diferentes citoplasmas; por lo que no se puede establecer una relación entre estos caracteres y la susceptibilidad y resistencia observada; sin embargo, no se puede descartar que pudieran haber ejercido algún efecto sobre el desarrollo del patógeno. De acuerdo a los resultados observados en nuestro trabajo, así como los reportados por otros autores, podríamos inferir que el efecto de escape o resistencia, también podría estar sujeto a la varianza ambiental, ya que los mismos tipos de citoplasma han mostrado diferente grado de resistencia al evaluarse en diferentes ambientes.

4.2. Experimento 2. Caracterización de progenitores macho en relación a la producción de polen y estimación de su heredabilidad.

De acuerdo a los resultados de los análisis de varianza, las variables días a floración, longitud de panoja, espiguillas por panoja y granos de polen por florecilla, presentaron diferencias significativas entre los progenitores masculinos tanto en el ciclo P-V 1999 como en el ciclo P-V 2000 (Cuadros 10 y 11).

Cuadro 10. Resultados de ANOVA para las variables días a floración, longitud de panoja, espiguillas por panoja y granos de polen por florecilla. Ciclo P-V 1999. Caracteres asociados con la resistencia a ergot

Variable	G.L	CM	F	C.V
Días a floración	9	267	36**	3.22 %
Longitud de panoja	9	71	66**	6.44%
Espiguillas por panojas	9	128	40**	5.93%
Granos de polen por florecilla	9	1x10 ⁷	0.450 x 10 ^{3**}	1.58%

*valor significativo a P<0.05

** valor altamente significativo a P<0.05

Cuadro 11. Resultados de los ANVA para las variables días a floración, longitud de panoja, espiguillas por panoja y granos de polen por florecilla. Ciclo P-V 2000. Caracteres asociados con la resistencia a ergot

Variable	G.L	CM	F	C.V
Días a floración	8	37	9.24*	2.98 %
Longitud de panoja	8	55	18**	8 %
Espiguillas por panojas	8	398	12*	11.3%
Granos de polen por florecilla	8	2x10 ⁷	34**	7.59%

*valor significativo a P<0.05

** valor altamente significativo a P<0 05

Los resultados de la comparación de medias para la variable días a floración en el ciclo P-V 1999 se muestran en el Cuadro 12. Cinco grupos estadísticamente diferentes, mostrando al híbrido comercial Pioneer 8282 como el más precoz (71 d) y al progenitor 10249 como el más tardío (105 d).

Para el ciclo P-V 2000, los resultados de la comparación de medias para la variable días a floración se muestran en el Cuadro 13. De acuerdo a estos resultados, se observaron cinco grupos estadísticamente diferentes en donde los progenitores 10333 y 10331 mostraron los valores más altos (72 y 71 d respectivamente), mientras que el progenitor 10251 fue el más precoz (62 d). De manera general, en el ciclo P-V 2000 todos los materiales se comportaron más precoces con respecto al ciclo P-V 1999, siendo el progenitor 10249 el que presentó el mayor contraste, ya que en el ciclo P-V 1999 fue el más tardío, mientras que en el ciclo P-V 2000, no mostró diferencia significativa con los progenitores más precoces (10251y FA163).

Cuadro 12. Comparación de medias de la variable días a floración de progenitores masculinos ciclo P-V1999. Caracteres asociados a la resistencia a ergot.

Tratamiento	Media* (d)	
10249	105	a
FA 170	91	b
FA163	88	bc
10106	87	bc
10333	86	c
10251	80	d
10331	80	d
10330	80	d
FA90	78	d
Pioneer 8282	71	e

*Letras diferentes muestran diferencias significativas (P<0.05).

Para la variable longitud de panoja en el ciclo P-V 1999, de acuerdo a la comparación de medias se observaron cinco grupos estadísticamente diferentes en donde el híbrido comercial Pioneer 8282 presentó el mayor valor (26 cm); mientras que los menores valores fueron presentados por los progenitores FA170, 10251, 10249 y 10106 con 11, 11, 12, y 12 cm respectivamente (Cuadro 14).

Cuadro 13. Comparación de medias de la variable días a floración de progenitores masculinos ciclo P-V 2000. Caracteres asociados a la resistencia a ergot.

Tratamiento	Media*	
10333	72	a
10331	71	a
FA90	69	ab
10330	69	ab
FA170	67	bc
10106	65	cd
10249	65	cde
FA163	63	de
10251	62	e

*Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

Para la variable longitud de panoja en el ciclo P-V 2000, los resultados de la comparación de medias se muestran en el Cuadro 15, en el que se observan

cinco grupos estadísticamente diferentes donde el progenitor 10333 presentó el mayor valor (27 cm) siendo estadísticamente igual al progenitor 10330 (27 cm) y al progenitor FA170 (25 cm), mientras que el progenitor FA90 presentó el menor valor (15 cm), siendo estadísticamente igual al progenitor 10251 (18 cm)

Cuadro 14. Comparación de medias de la variable longitud de panoja de progenitores masculinos ciclo P-V 1999. Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

Tratamiento	Media*(cm)	
Pioneer 8282	26	a
FA163	20	b
10333	19.5	b
10331	17	c
10330	17	c
FA90	15	d
10106	12	e
10249	12	e
10251	11	e
FA 170	11	e

*Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

Para esta variable, en general los materiales tuvieron mejor comportamiento en el ciclo P-V 2000 que en el P-V 1999, ya que mostraron una mayor longitud de panoja. Sin embargo, el progenitor FA90 fue el único que no

presentó variación de un ciclo a otro (15 cm); mientras que otros como el progenitor FA170 que en el ciclo P-V 1999 presentó el menor valor, en el ciclo P-V 2000 mostró uno de los mayores valores (24 cm).

Cuadro 15. Comparación de medias de la variable longitud de panoja de progenitores masculinos ciclo P-V 2000. Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

Tratamiento	Media*(cm)	
10333	27	a
10330	25	ab
FA170	25	abc
10331	24	bc
Fa163	22	c
10106	19	d
10249	19	d
10251	18	de
FA90	15	e

*Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

De acuerdo a la comparación de medias de la variable de espiguillas por panoja en el ciclo P-V 1999, se observaron seis grupos estadísticamente diferentes en donde el progenitor 10249 tuvo el mayor valor (38) sin mostrar diferencias significativas con el progenitor FA90 (37) y el progenitor 10333 (36).

El progenitor FA170 fue el que presento el valor menor con un promedio de 16 espiguillas (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de medias de la variable número de espiguillas por panoja de progenitores masculinos ciclo P-V 1999. Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

Tratamiento	Media*	
10249	38	a
FA90	37	a
10333	36	ab
10106	33	bc
10251	30	cd
Pioneer 8282	30	d
10331	28	d
10330	28	d
FA163	25	e
FA 170	16	f

*Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

Para la variable número de espiguillas por de panoja en el ciclo P-V 2000, la prueba de comparación de medias se muestra en el Cuadro 17. En este cuadro se observan dos grupos estadísticos donde el progenitor FA90 presentó el mayor valor (68) siendo estadísticamente igual a los progenitores 10330 (66), 10251 (61), 10331 (58) y 10333 (57); mientras que el progenitor FA170 presentó el menor valor (38), siendo estadísticamente igual a los

progenitores 10249 (41), FA163 (41), y 10106 (44). De acuerdo a los resultados, en general, los progenitores mostraron un valor más alto en el número de espiguillas por panoja .en el ciclo P-V 2000. Sin embargo, el progenitor 10249 se mantuvo en ambos ciclos con un valor similar en cuanto al número de espiguillas (38 y 41); mientras que el progenitor FA170, aún cuando en el ciclo P-V 2000 presentó un valor superior al del ciclo P-V 1999, se mantuvo en ambos ciclos como el progenitor con el menor número de ramificaciones.

Cuadro 17. Comparación de medias de la variable espiguillas por panoja de progenitores masculinos ciclo P-V 2000. Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

Tratamiento	Media*	
FA90	68	a
10330	66	a
10251	61	a
10331	58	a
10333	57	a
10106	44	b
FA163	41	b
10249	41	b
FA170	38	b

*Letras diferentes muestran diferencias significativas (P<0.05).

Para la variable granos de polen por florecilla, en el ciclo P-V 1999, se observaron siete grupos estadísticamente diferentes en donde el progenitor FA163 tuvo la mayor producción de polen por florecilla (12690); mientras que, el progenitor 10251 tuvo la producción de polen más escasa presentando un promedio de 6055 (Cuadro 18).

Cuadro 18. Comparación de medias de la variable número de granos de polen por florecilla de progenitores masculinos ciclo P-V 1999. Caracteres asociados a la resistencia a ergot.

Tratamiento		Media	
FA163	12690		a
Pioneer 8282	11398		b
FA90	11303		b
10330	9696		c
10249	9650		c
10331	9437		cd
10250	9267		de
10106	9137		e
FA 170	7858		f
10251	6055		g

*Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

Para esta misma variable, pero en el caso del ciclo P-V 2000, los resultados de la prueba de comparación de medias se muestran en el Cuadro 19, donde

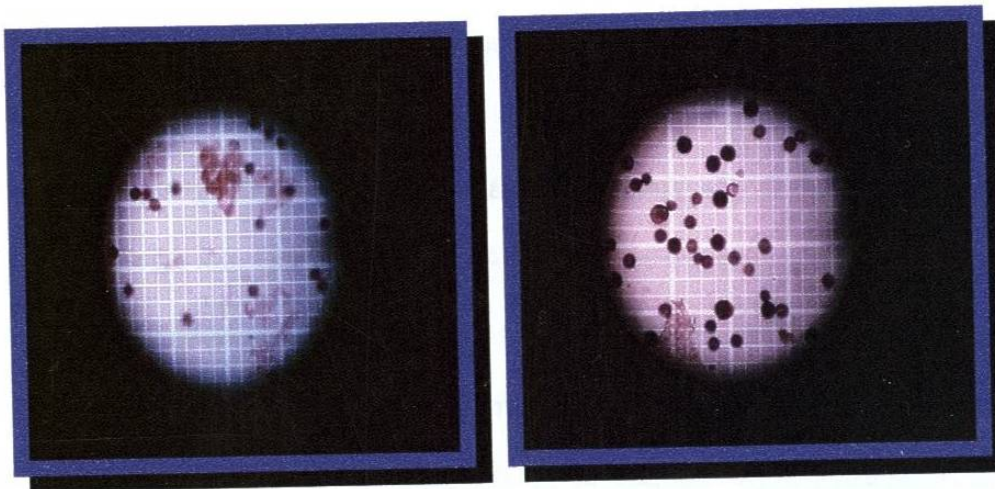
se observan siete grupos estadísticamente diferentes donde el progenitor FA90 presentó el mayor valor (15000) seguido del progenitor FA170 (13050); mientras que, el progenitor 10249 tuvo la producción de polen más escasa (5400).

Cuadro 19. Comparación de medias de la variable número de granos de polen por florecilla de progenitores ciclo P-V 2000. Caracteres asociados con la incidencia de ergot.

Tratamiento	Media*	
FA90	15000	a
Fa170	13050	b
10330	12100	bc
8282	11766	bc
10106	11200	c
FA163	10900	cd
10251	9600	de
10331	9516	e
10333	7766	f
10249	5400	g

*Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

En la Fotografía 17 se observan dos muestras de granos de polen pertenecientes al progenitor FA90 y al progenitor 10251, pudiéndose observar el contraste en la densidad de los granos.



Fotografía 17. Granos de polen en la cuadrícula Neubauer (Progenitor FA90 der., progenitor 10251, izq.). Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

Para esta variable, los progenitores nuevamente mostraron mayor valor en el ciclo P-V 2000 en relación al ciclo P-V 1999, mostrando el mayor contraste en el progenitor FA170, ya que en el ciclo P-V 1999 mostró una de los valores más bajos (7858) mientras que en el ciclo P-V 2000 mostró uno de los valores más altos (13050). El progenitor FA90 en ambos ciclos mostró un valor alto, mientras que el progenitor 10249, en ciclo P-V 1999 mostró un valor intermedio y en el ciclo P-V 2000, presentó el valor más bajo observado en todos los progenitores en ambos ciclos.

En el ciclo P-V 2000 se realizaron las pruebas de viabilidad de polen al grupo de progenitores masculinos. La prueba de germinación de polen usando el medio de cultivo de Campbell y Scarth (citados por Lansac *et al.*, 1994) no

resultó exitosa para estimar la viabilidad, ya que la cantidad de granos germinados que se observó fue mínima a grado tal que no se pudo hacer una estimación confiable. Este medio de cultivo ha sido utilizado para estimular la germinación de granos de trigo y otras gramíneas; sin embargo, los granos de polen de sorgo se vieron inhibidos de alguna manera a desarrollar el tubo polínico. La prueba con el KI (Secrist y Atkins, 1988) dio mejores resultados ya que con esta se logró hacer una estimación de la viabilidad más confiable. Los resultados se muestran el Cuadro 20. El progenitor 10249 presentó el mayor porcentaje promedio de viabilidad (89%), mientras que el menor porcentaje fue observado en el progenitor FA170 (69%).

Cuadro 20. Porcentaje de germinación de polen en progenitores masculinos Ciclo P-V 2000. Caracteres asociados a la resistencia a ergot.

Genotipo	Repetición 1	Repetición II	Repetición III	Promedio
FA170	79 %	64%	65%	69%
10251	77%	70%	65%	70%
FA163	90%	87%	82%	86%
FA90	87%	84%	90%	87%
10331	82%	89%	84%	85%
10333	88%	90%	87%	88%
10106	77%	70%	68%	71%
10249	90%	94%	84%	89%
10330	80%	77%	89%	82%

De acuerdo a estos los resultados, se observa una tendencia inversa entre viabilidad y producción de polen; por ejemplo, el progenitor FA170 que tuvo uno de los valores mayores en la producción de polen por florecilla (13050), mostró un porcentaje de viabilidad bajo en promedio (69%). Estos resultados contrastan con el progenitor 10249, quien tuvo la menor producción de polen por florecilla en el ciclo P-V 2000 (5400), pero manifestó el mayor porcentaje promedio de viabilidad (89%). La relación inversa observada entre producción de polen y viabilidad puede atribuirse a efectos nutricionales maternos o debido a razones funcionales. De acuerdo a King (1960), el porcentaje de viabilidad está influenciado por el grado de madurez del polen, las condiciones ambientales durante el desarrollo del mismo y el genotipo.

En el presente trabajo, la estimación de las variables en los progenitores se realizó en dos ciclos, en invernadero y en campo, observándose un cambio en los valores correspondientes a cada progenitor de un ciclo a otro. Esto concuerda con Strickberger (1978), quien indicó que los caracteres más susceptibles a la influencia del ambiente externo, son aquellos conectados a los procesos metabólicos tales como crecimiento, fertilidad, reproducción, etc. Una diferencia específica de ambiente puede tener un mayor efecto en algunos genotipos que en otros, o puede haber un cambio en el orden con respecto al mérito en una serie de genotipos cuando éstos se miden en diferentes ambientes.

En relación a los cambios en el orden de los valores observados en los progenitores, es importante señalar el progenitor FA90. Este progenitor mostró los valores más constantes de un ciclo a otro en las variables longitud de panoja, número de espiguillas por panoja y granos de polen por florecilla, por lo que podría inferirse que fue de los menos afectados por el ambiente.

Para el caso de los híbridos obtenidos con los cuatro tipos de citoplasma evaluados en el ciclo P-V 2000, los análisis de varianza de las variables días a floración, longitud de panoja, espiguillas por panoja y granos de polen por florecilla, presentaron diferencias significativas entre los híbridos (Cuadro 21).

Cuadro 21. Resultados de ANVA para las variables días a floración, longitud de panoja, espiguillas por panoja y granos de polen por florecilla en híbridos. Ciclo P-V 2000 Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

Variable	G.L	CM	F	C.V
Días a floración	7	27	7*	3.49 %
Longitud de panoja	7	5	4*	4.27%
Espiguillas por panojas	7	119	14**	5.70%
Granos de polen por florecilla	7	4.4 x10 ⁶	7'	7.4%

*valor significativo a P<0.05

** valor altamente significativo a P<0.05

Para la variable días a floración, los resultados de la prueba de comparación de medias se muestran en el Cuadro 22. Tres grupos estadísticamente

diferentes se observaron, mostrando al híbrido FA170/A₄ como el más precoz (53 d), y sin mostrar diferencias significativas con los híbridos FA170/A₂ (54 d), FA170/A₃ (54 d), 10251/A₁ (55 d) y FA170/A₁ (56 d); no obstante, los híbridos 10251/A₂ 10251/A₄, y 10251/A₃, se comportaron como los más tardíos (61, 61 y 57 d, respectivamente) sin mostrar diferencia significativa entre ellos.

Cuadro 22. Comparación de medias de la variable días a floración de híbridos. Ciclo P-V 2000. Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

Tratamiento	Media* (días)	
10251/A ₂	61	a
10251/A ₄	61	a
10251/A ₃	57	ab
FA170/A ₁	56	bc
10251/A ₁	55	bc
FA170/A ₃	54	bc
FA170/A ₂	54	bc
FA170/A ₄	53	c

*Letras diferentes muestran diferencias significativas (P<0.05).

En relación a los resultados para el carácter días a floración, todos los híbridos se comportaron precoces con respecto a sus progenitores (FA170 67 d y 10251 62 d), pero todos los híbridos del progenitor FA170 fueron más precoces con respecto a los híbridos del progenitor 10251, siendo el progenitor FA170 a su vez, más tardío que el 10251.

Es importante señalar el efecto observado entre los híbridos de ambos progenitores con el mismo tipo de citoplasma. Para la variable días a floración, los híbridos con el citoplasma A_1 no mostraron diferencia significativa entre ellos, independientemente del progenitor macho, pero los híbridos con los citoplasmas A_2 , A_3 y A_4 , se comportaron de manera diferente dependiendo del progenitor. Los híbridos con citoplasma A_2 , A_3 y A_4 tuvieron menor número de días a floración cuando su progenitor fue el FA170, pero se comportaron tardíos con el progenitor 10251 (Cuadro 22). De acuerdo a estos resultados, podría asumirse que el citoplasma A_1 no mostró interacción con ninguno de los progenitores para el carácter días a floración, mientras que en los citoplasmas A_2 , A_3 y A_4 sí se observó interacción entre el genotipo y el citoplasma.

Para la variable longitud de panoja, los resultados se muestran en el Cuadro 23. Tres grupos estadísticamente diferentes se observaron, el híbrido FA170/ A_1 presentó el mayor valor (29 cm) sin mostrar diferencia significativa con los híbridos 10251/ A_3 (28 cm), FA170/ A_3 (27 cm) y FA170/ A_2 (27 cm); mientras que el menor valor lo presentó el híbrido 10251/ A_1 (24 cm), estadísticamente igual a los híbridos FA170/ A_4 (26 cm) y 10251/ A_2 (26 cm). Los híbridos con el citoplasma A_2 , A_3 , y A_4 no mostraron diferencia significativa entre ellos, independientemente del progenitor; mientras que los híbridos con citoplasma A_1 dependiendo del progenitor mostraron valores contrastantes.

Cuadro 23. Comparación de medias de la variable longitud de panoja de híbridos Ciclo P-V 2000. Caracteres asociados a la resistencia a ergot.

Tratamiento	Media*	
FA170/A ₁	29	a
10251/A ₃	28	ab
FA170/A ₃	27	ab
FA170/A ₂	27	ab
10251/A ₂	26	bc
10251/A ₄	26	bc
FA170/A ₄	26	bc
10251/A ₁	24	c

*Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

Para la variable número de espiguillas, los resultados de la prueba de comparación de medias se muestran en el Cuadro 24 donde se observan tres grupos estadísticos en los que el híbrido 10251/A₄ presentó el mayor valor (61) sin mostrar diferencia significativa con los híbridos 10251/A₁ (58) y 10251/A₂ (56), mientras que el híbrido FA170/A₁ presentó el menor valor (41).

Cuadro 24. Comparación de medias de la variable número de espiguillas por panoja de híbridos Ciclo P-V 2000. Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

Tratamiento	Media*	
10251/A ₄	61	a
10251/A ₁	58	a
10251/A ₂	56	ab
10251/A ₃	52	bc
FA170/A ₄	51	bc
FA170/A ₂	49	c
FA170/A ₃	47	c
FA170/A ₁	41	d

*Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

Para la variable número de espiguillas, todos los híbridos del progenitor 10251 presentaron los valores más altos. El comportamiento de esta variable de acuerdo al tipo de citoplasma fue diferente al observado en las variables días a floración y longitud de panoja, ya que dependiendo del progenitor, los citoplasmas del mismo tipo presentaron valores contrastantes.

Para la variable granos de polen por florecilla, los resultados se muestran en el Cuadro 25 donde se observan tres grupos estadísticamente diferentes en los que el híbrido FA170/A₃ presentó el mayor valor (12400) sin mostrar diferencia significativa con el 10251/A₃ (12066), 10251/A₁(11300), 10251/A₂

(11153) y FA170/A₄ (11100); mientras que el híbrido FA170/A₂ presentó el menor valor (9101) sin mostrar diferencias estadísticas con los híbridos 10251/A₄ (9131) y FA170/A₁ (10410).

Cuadro 25. Comparación de medias de la variable número de granos de polen por florecilla de híbridos. Ciclo P-V 2000. Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

Tratamiento	Media*	
FA170/A ₃	12400	a
10251/A ₃	12066	a
10251/A ₁	11300	ab
10251/A ₂	11153	ab
FA170/A ₄	11100	ab
FA170/A ₁	10410	bc
10251/A ₄	9131	c
FA170/A ₂	9101	c

*Letras diferentes muestran diferencias significativas (P<0.05).

En este caso, los progenitores FA170 y 10251 mostraron diferencias significativas en las variables evaluadas incluyendo producción y viabilidad de polen. En relación a éstas últimas, el progenitor FA170 fue superior al progenitor 10251. Al evaluar las F₁, los híbridos de ambos progenitores (FA170 y 10251) no mostraron diferencias significativas entre ellos en los híbridos con el citoplasma A₃, pero los híbridos con los citoplasmas A₁, A₂, y A₄ se ubicaron en la comparación de medias en grupos estadísticos diferentes dependiendo

del progenitor, mostrando esto una interacción entre el genotipo y el tipo de citoplasma. La producción de polen es una variable que ha sido poco cuantificada, por lo que en la literatura se reportan escasos trabajos acerca de la misma.

En relación a la variable viabilidad de granos de polen, como ya se mencionó previamente, la prueba de germinación de polen usando el medio de cultivo de Campbell y Scarth (citados por Lasac *et al.*, 1994) no resultó exitosa, ya que la cantidad de granos germinados que se observó fue mínima, a tal grado tal que no se pudo hacer una estimación confiable. La prueba con el KI fue la que dio mejores resultados (Cuadro 26).

De acuerdo a estos resultados, los progenitores FA170 y 10251 lograron restaurar la fertilidad en la F_1 , ya que todos los híbridos presentaron porcentajes de viabilidad mayores al 40 %, por lo que de acuerdo a Secrist y Atkins (1989), son considerados como fértiles. El mayor porcentaje de granos fértiles se observó en el híbrido FA170/ A_1 (92%); mientras que el menor porcentaje fue observado en el híbrido 10251/ A_1 (58%). Esos resultados no concuerdan con Secrist y Atkins (1989). Ellos reportaron en evaluaciones sobre el comportamiento de híbridos con diferente citoplasma (A_1 , A_2 , A_3 y A_4) que los híbridos con el citoplasma A_4 presentaron el mayor porcentaje de viabilidad (78%).

Cuadro 26. Porcentaje de viabilidad de polen en híbridos. Caracteres asociados a la resistencia a ergot.

Genotipo	Repetición 1	Repetición II	Repetición III	Promedio
FA170/A ₁	95 %	93%	88%	92%
FA170/A ₂	85 %	79%	75%	79 %
FA170/A ₃	58 %	70%	62 %	63%
FA170/A ₄	71%	73%	68%	70%
10251/A ₁	52%	65%	57%	58%
10251/A ₂	83 5	74%	80%	79%
10251/A ₃	63%	75 %	66%	68%
10251/A ₄	72%	65 %	60%	65%

En los híbridos, al igual que en los progenitores, se observó una relación inversa entre las variables producción de polen y viabilidad de los mismos, ya que los híbridos que presentaron el mayor número de granos de polen por florecilla tuvieron menores valores de porcentaje de viabilidad.

Para determinar la heredabilidad del carácter producción de polen, se contrastó la producción de polen de los progenitores con la de los híbridos mediante un análisis de regresión simple. Los resultados se muestran en los Cuadros 27, 28, 29 y 30 y en las Figuras 1 y 2.

Cuadro 27 ANOVA de regresión simple del progenitor 10251 y su progenie. Ciclo P-V 2000 Caracteres asociados con la resistencia a ergot

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Regresion	1	667250	667250	0.3291	0.584
Error	10	20274573	2027457		
Total	11	20941823			

Coefficiente de determinacion: 0.0319
 Error estándar de la estima. 0.57

Cuadro 28. Valores de t calculada (tc) y niveles de significancia observados (P). Regresión simple del progenitor 10251 y su progenie Ciclo P-V 2000

Coefficiente	tc	p
B ₀	1.25	0.236990
B ₁	-0.573678	0.584190

Considerando el valor del coeficiente de regresion B₁ se realizó el cálculo de heredabilidad mediante la ecuación

$$B_1 = \frac{1}{2}h^2$$

$$h^2 = -1.15$$

Donde -1.15 es el valor estimado de heredabilidad para el carácter producción de polen

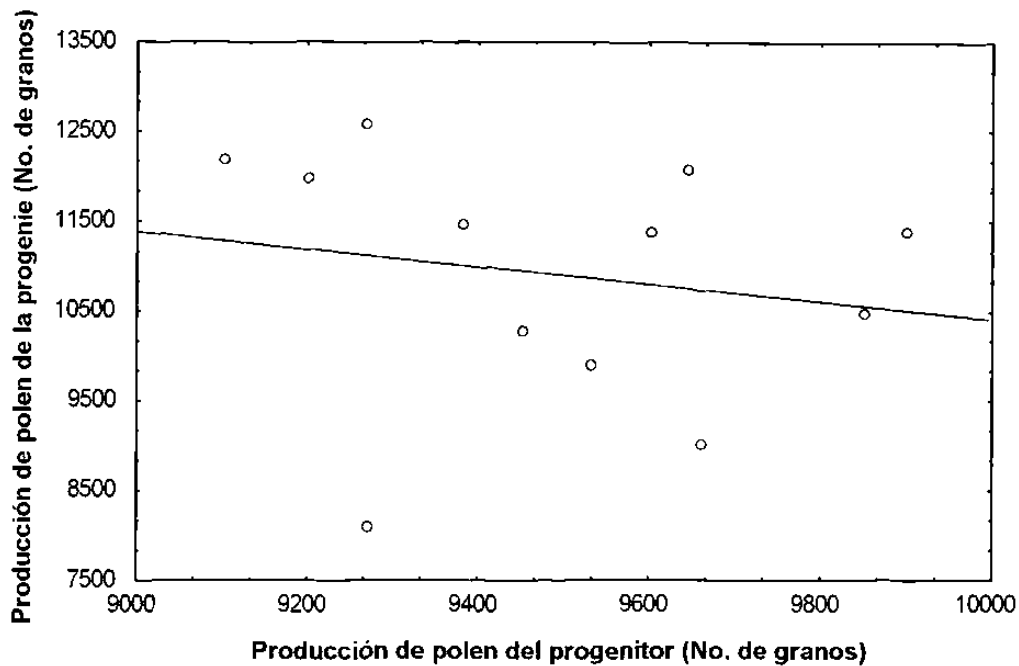


Figura 1. Gráfica de la pendiente de regresión del progenitor 10251 y su progenie. Ciclo P-V 2000. Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

Cuadro 29. ANOVA de regresión simple del progenitor FA170 y su progenie. Ciclo P-V 2000 Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Regresion	1	10201	10201	0.0050	0.943
Error	10	20458921	2045892		
Total	11	20469123			

Coefficiente de determinacion: 0.0005

Error estándar de la estima 0.57

Cuadro 30. Valores de t calculada (tc) y niveles de significancia observados (P)..

Coefficiente	tc	p
B ₀	0.562083	0.591650
B ₁	0.070614	0.943500

Considerando el valor del coeficiente de regresión B_1 se realizó el cálculo de heredabilidad

$$B_1 = \frac{1}{2} h^2$$

$$h^2 = 0.14$$

Donde 0.14 es el valor estimado de heredabilidad para el carácter producción de polen.

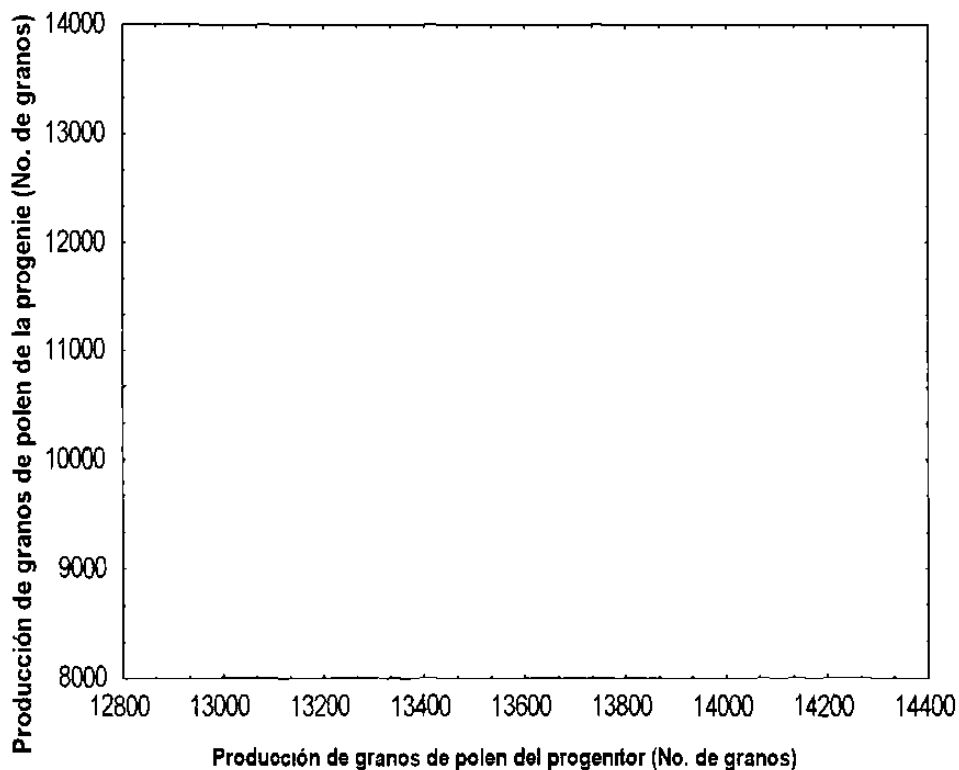


Figura 2. Gráfica de la pendiente de regresión del progenitor FA170 y su progenie Ciclo P-V 2000. Caracteres asociados con la resistencia a ergot

De acuerdo a Strickberger (1978), los caracteres con las heredabilidades más bajas son aquellos más estrechamente conectados con la aptitud

reproductiva; mientras que los caracteres con las heredabilidades más altas, son los que podrían ser juzgados, en una base biológica, como determinantes menos importantes en la aptitud natural. De acuerdo a nuestros resultados, la heredabilidad para el carácter producción de polen no presentó un valor bajo, sino que el valor obtenido fue negativo (-1.15) para el caso del la progenie-progenitor 10251, lo cual nos indica que para este carácter, bajo condiciones particulares y para la población observada, por cada unidad de aumento en la producción de polen del progenitor, la producción de polen en la progenie disminuye. De acuerdo a Strickberger (1978) el ambiente paterno puede diferir suficientemente del de la progenie y el fenotipo observado, en este caso el carácter producción de polen, puede depender poco o nada del valor de los progenitores. En el caso de los resultados observados en la progenie-progenitor FA170, el valor de heredabilidad observado fue muy bajo (0.14).

En relación a la precisión en la estimación de la heredabilidad, ésta tiende a ser baja para un carácter que presenta poca varianza genética, pero un grado relativamente alto de varianza ambiental. El valor observado fue muy bajo (0.57) si consideramos el valor del error estándar de la estimación, esto puede deberse al hecho de que la evaluación del carácter producción de polen es complicada por sí misma, por lo cual se necesitarían un gran número de individuos tanto progenitores como progenies con el fin de elevar la precisión de la estima.

Considerando que el análisis de regresión se basó en la relación progenie-progenitor y en este caso el progenitor utilizado fue el progenitor masculino y no el femenino el cual no produce polen, el coeficiente negativo de heredabilidad observado en la producción de polen en la progenie-progenitor 10251 y el valor de heredabilidad bajo observado en la progenie-progenitor FA170, podrían estar relacionados con un efecto de dominancia del progenitor con el menor valor, en este caso del progenitor femenino que no produce polen, lo cual coincide con la interacción observada con el tipo de citoplasma para la expresión del carácter producción de polen. De acuerdo a Strickberger (1978) el efecto de dominancia puede resultar tanto en un incremento como una disminución en el valor fenotípico por lo que la disminución de la producción de polen en los híbridos podría estar relacionada con este efecto de dominancia del progenitor androestéril sobre la producción de polen.

Al considerar que la selección de progenitores e híbridos que producen abundante polen es un mecanismo para evitar la presencia de ergot, la selección de los mismos debe realizarse tomando en cuenta al progenitor androesteril, ya que de acuerdo a los resultados observados en este trabajo, la interacción que presente el genoma nuclear con el citoplásmico puede determinar de manera importante la producción de polen en el híbrido

VI CONCLUSIONES

- 1 Se encontraron diferencias significativas entre las líneas isogénicas evaluadas en respuesta a la infección por ergot. La línea isogénica A₄Tx398 mostró la mayor resistencia a ergot al presentar el menor número de flores infectadas por panoja, mientras que la línea A₁Tx398 mostró ser la más sensible a la infección.
- 2 Los progenitores masculinos evaluados mostraron diferencias significativas en relación a la producción de polen, así como en su viabilidad.
- 3 La producción de polen mostró diferencias dentro de un mismo progenitor en relación a los ambientes (invernadero y campo). El progenitor que mostró la mayor producción de polen por florecilla en invernadero fue el FA163 (12 689), la menor producción fue observada en la línea 10251 (6 055); mientras que en campo fue el FA90 (15 000) el mejor productor de polen.
- 4 En relación a la viabilidad, el mayor porcentaje se observó en la línea 10249 (89%) que a su vez mostró la menor producción de polen en campo (5 044) y el menor porcentaje fue observado en la línea FA170 (69%).
- 5 Los híbridos evaluados mostraron diferencias significativas en relación a su producción de polen. El híbrido que mostró la mayor producción fue el FA170/A₃ (12 400) mientras que la menor producción fue observada en el

híbrido FA170/A₂ (9 101) Con respecto a la viabilidad el híbrido que presentó los mayores valores de viabilidad fue el FA170/A₁ (92%) y el que presentó menor viabilidad fue el 10251/A₁ (58%)

- 6 La heredabilidad del carácter producción de polen mostró un valor negativo (-1 15) para la progenie-progenitor 10251 lo cual es indicativo de que al aumentar el valor de los progenitores el valor de este caracter en la progenie tiende a disminuir mientras que para la progenie-progenitor FA170 la heredabilidad mostró un valor positivo aun cuando dicho valor fue muy bajo (0 14)

VII. APÉNDICE

Cuadro A-1. ANOVA de la variable días a floración de la línea isogénica ATX38 con el citoplasma A₁, A₂, A₃, y A₄ ciclo O-I1999, Marín, N.L

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	97.671875	32.557293	15.0318.002	0.002
Error	8	17.328125	2.1660116		
Total	11	115.00000			

Coefficiente de variación: 1.46%

Cuadro A-2. ANOVA de la variable longitud de panoja de la línea isogénica ATX38 con el citoplasma A₁, A₂, A₃, y A₄, ciclo O-I1999, Marín, N.L

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	45.999268	15.333089	4.9012	0.032
Error	8	25.0277344	3.128418		
Total	11	71.026611			

Coefficiente de variación: 11.28%

Cuadro A-3. Análisis de covarianza de la variable florecillas infectadas por panoja de la línea isogénica ATX38 con el citoplasma A₁, A₂, A₃, y A₄ ciclo O-I. . 1999 Marín, N.L.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Covariable	1	5965.055747	5965.055747	3.005	
Tratamientos	3	88573.101563	229524.36588	14.8510	0.000
Error	7	13916.3173	1988.0452		
Total	11	108454.9766563			

Coefficiente de variación: 13.1688 %

Cuadro A-4. ANOVA de la variable días a floración de los progenitores masculinos. Ciclo primavera-verano Marín 1999.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	9	2403.500000	267.055542	36.0886	0.000
Error	20	148.000000	7.400000		
Total	29	2551.500000			

Coeficiente de variación: 3.22%

Cuadro A-5. ANOVA de la variable longitud de panoja de los progenitores masculinos. Ciclo primavera-verano Marín 1999.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	638.027832	70.891983	66.1293	0.00
Error	20	21.440430	1.072021		
Total	29	659.468262			

Coeficiente de variación: 6.44 %

Cuadro A-6. ANOVA de la variable espiguillas por panoja de los progenitores masculinos. Ciclo P-V1999. Marín, N.L

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	1154.167969	128.240891	40.076	0.000
Error	20	63.9980047	3.199902		
Total	29	1218.166016			

Coeficiente de variación: 5.93 %

Cuadro A-10. ANOVA de la variable espiguillas por panoja de los progenitores masculinos. Ciclo P-V 2000. Marín, N.L.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	8	3185.851563	398.231445	11.7000	0.000
Error	18	612.664063	34.03333		
Total	26	3798.5155625			

Coefficiente de variación: 11.13 %

Cuadro A-11. ANOVA de la variable granos de polen por florecilla de los progenitores masculinos. Ciclo P-V2000. Marín, N. L.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	19×10^7	2×10^7	34.17	0.000
Error	20	1.3×10^7	6×10^5		
Total	29	21×10^7			

Coefficiente de variación: 7.59%.

Cuadro A-12. ANOVA de la variable días a floración de híbridos. Ciclo P-V 2000. Caracteres asociados con la resistencia a ergot.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	7	185.617188	26.516741	6.8422	0.000
Error	16	62	3.875488		
Total	23	247.62500			

Coefficiente de variación: 3.49

Cuadro A-13. ANOVA de la variable longitud de panoja de los híbridos. Ciclo P-V 2000. Marín, N. L

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	33.7402	4.822222	3.7620	0.00
Error	16	20.500000	1.2881250		
Total	23	54.2440234			

Coefficiente de variación: 4.27%.

Cuadro A-14. ANOVA de la variable espiguillas por panoja de los híbridos . Ciclo P-V 2000. Marín, N.L

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	833 164063	119.023438	13.6675	0.000
Error	16	139.335938	8.708496		
Total	23	972.50000			

Coefficiente de variación: 5.70%

Cuadro A-15. ANOVA de la variable granos de polen por florecilla de los híbridos . Ciclo P-V 2000. Marín, N.L

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	3.1×10^7	4.4×10^6	6.98	0.000
Error	16	1×10^7	6.4×10^5		
Total	23	4.1×10^7			

Coefficiente de variación: 7.39%

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Alexopoulos, C. 1979. Introducción a la Micología. Edit.Continental. pp 246, 278, 288, 300.
- Allard,R.W. 1978. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Trad. J.L. Montoya. Edit. Omega, S.A. España. 280 p.
- Anahousur, K.H., and Patil, H.S. 1982. Effect of date of sow on the incidence of ergot of sorghum. Indian Phytopathology. 35: 507-509.
- Aguirre, R., J.I., Williams A., H., Montes G., N. y Cortinas E., H.M.1997. First report of sorghum ergot caused by *Sphacelia sorghi* in México. Plant Disease. 81:831.
- Atkins, R.E.1990. Registration of 15 sorghum A- and B lines inbreds. Crop Science. 30:1377.
- Bandyopadhyay, R., Mughogo, L.K., Manohar, S.K. and Satynarayana M.V. 1990. Stroma development, honeydew formation and conidial production in *Claviceps sogui*. Phytopathology 80: 812-818.
- _____, _____ and Sharma, H.C. 1991. Source of inoculum and spread of ergot Cereals program annual report. pp. 24-25.

- _____, _____ and Tegegne, G. 1992. Role of pollination and inoculation on ergot development in sorghum. *Phytopathology*. 82:241.
- _____, Frederickson, D.E., McLaren, N.W., and Odvody, G.N. 1996. Ergot, a global threat to sorghum. *International Sorghum and Millets Newspaper*. 37: 1-30.
- _____, _____, _____, _____, and Malcolm, J. R. 1998. Ergot a new threat to sorghum in the Americas and Australia. *Plant Disease*. 82: 356-367.
- Bailey- Serres, J., Isaac, P.G., Small, I.D. and Leaver, C.J. 1987. Mitochondrial Genome Rearrangements Associated with the Cytoplasmic Male Sterile Genotype in Maize and Sorghum. In *Developmental Mutants in Higher Plants*. Eds. H. Thomas and D. Grierson, Cambridge University Press, Cambridge. pp: 53-71.
- Barber, J. 1986. New organism for elucidating the origin of higher plant chloroplast. *TIBS*. 11: 234.
- Barnabás, B. and Rajki, E. 1976. Storage of maize (*Zea mays*) pollen in liquid nitrogen at -196 °C *Euphytica*. 25: 747-752.

- Brewbaker, J.L. and Kwack, B.H. 1963. The essential role of calcium in pollen germination and pollen tube growth. *American Journal of Botany* 50:859-865.
- Brooking, I.R. 1976. Male sterility in *Sorghum bicolor* (L.) Moench induced by low night temperature timing of the stage of sensitive. *Australian Journal of Plant Physiology* 3:589-596.
- Cresti, M., Blackmore, G. and Van Went, J.L. 1992. *Atlas of Sexual Reproduction in Flowering Plants*. Berlin: Springer Verlag Editor. New York. Sin paginar.
- Chinnadurai, G., Govindaswamy, C.V., and Ramakrishnan, K. 1970. Studies on the effect of the stigmatic exudates of sorghum on the parasitism of *Sphacelia sorghi* McRae. *Phytopathologische Zeitschrift*. 69: 56-63.
- Doggett, H. 1988. *Sorghum*. Edit. Longman group Ltd. London, England UK. pp. 230-231.
- Ducker, S.C., Pettitt, J.M. and Knox, R.B. 1978 *Biology of Australian seagrasses: Pollen development and submarine pollination in Amphibolis antarctica and Thalassodendron ciliata* *Aust. Journal of Botany*. 26: 265-285.

Falconer, D.S. 1975. Introducción a la Genética Cuantitativa. Edit. Continental. México D.F. pp 146, 147, 153, 166.

FAO. 1996. The world sorghum and millet economies. Facts, trends and outlook. FAO Viale delle termic di Caracalla, 00100 Rome, Italy.

Ferreira, A.S., Pinto, N.F.J.A., and Casela, C.R. 1996. Avalicao de fungicidas para o control de ergot ou doenca acucarada (*Claviceps africana*) o sorgho. Pesqui. andamento. 45 p.

Frederickson, D.E., Mantle, P.G., and De Milliano, W.A.J. 1989. Secondary conidiation of *Sphacelia sorghi* on sorghum a novel factor in the epidemiology of ergot disease. *Mycological Research*. 93:497-502.

_____, _____, and _____. 1991. *Claviceps africana* sp. nov. the distinctive ergot pathogen of sorghum in Africa. *Mycological Research*. 95:1101-1107.

_____, _____, and _____. 1993. Windborne spread of ergot disease (*Claviceps africana*) in sorghum A-lines in Zimbabwe. *Plant Pathology*. 42:368-377.

_____, _____, and _____. 1994. Susceptibility to ergot in Zimbabwe of sorghum that remained uninfected in their native climates in Ethiopia and Rwanda. *Plant Pathology*. 43: 27-33.

Futrell, M C and Webster, O.J. 1965. Ergot infection and sterility in grain sorghum. *Plant Disease Reporter*. 49:680-683.

Ganga-Kishan, A., and S.T.Borikar. 1989. Comparative performance of maldandi V/S milo cytoplasm in sorghum. *J. of Maharashtra Agric. Univ.* 14 (2):192-195.

Gaviño, G., Juárez, J.C. 1977. *Técnicas Biológicas Selectas de Laboratorio y Campo*. Edit. Limusa. pp. 32-34.

Grierson, D. 1984. *Plant Molecular Biology*. pp 230.

Gupta, G.K., Subbarao, G.V. and Saxena, M.B.L. 1983. Relationship between meteorological factors and occurrence of ergot disease (*Claviceps microcephala*) on pearl millet. *Tropical Pest Management*. 29:321-324.

House, L.R. 1985. *A guide to sorghum breeding*. 2nd. Edn. Patancheru Andhra Pradesh, India: ICRISAT. pp. 184.

- _____ 1982. El sorgo, Guía para su Mejoramiento Genético. GACETA, S.A. Universidad Autónoma Chapingo. México. Pp. 81, 100, 102, 128, 129, 177, 252, 253, 410 y 412.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. Anuario Estadístico del Sector Económico. pp 235-236.
- Juster, J.R. 1985. Analysis of Seed Set and Stigma Receptivity among Cytoplasmic Male Sterile Sorghum cultivars. M.Sc. tesis Texas A & M. University of Texas, USA. pp. 135.
- Kannaiyan, J., Vidhyasekaran, P. and Kandaswami, T.K. 1973. Aminoacids content of bajrain relation to disease resistance. Indian Phytopathology 26: 358-359.
- Karper, R.E. 1949. Registration of sorghum varieties. Agronomy Journal. 41: 536-540.
- King, J.R. 1960. The peroxidase reaction as an indicator of pollen viability. Stain Technology. 35: 225-227.
- Kulkarni, B.G.P., Seshadri, V.S. and Hegde, R.K. 1976. The perfect stage of *Sphacelia sorghi*. Mysore Journal of Agricultural Sciences. 10:286-289.

- Lacadena, J.R. 1970. Genética Vegetal, Fundamentos de su Aplicación. Madrid, España. pp. 85, 86, 88, 90, 91, 95, 143-146 y 162.
- Lansac, A.R., Sullivan, C.Y., Johnson, B.E. and Lee, K.W. Viability and germination of pollen of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Annals of Botany* 74: 27-33.
- Lenz, M.C. and Atkins, R.E. 1981. Comparisons of agronomic and morfological characters in sorghum havings different cytoplasms. *Crop Science* 21: 946-950.
- Linkens, H.F. 1974. Fertilization in Higher Plants. Amsterdam: North- Holland Publ. pp. 174.
- Mantle, P.G. 1968. Etudies on *Sphacelia sorghi* McRae an ergot of *Sorghum vulgarez*. *Annals of Applied Biology*. 62:443-449.
- _____ and Hassan, H.A.G.1994. Widening geographical distribution of *Claviceps africana* an important ovaric pathogen of grain sorghum. *International Sorghum and Millets Newspaper*. 35:97-98.
- Márquez, S.F. 1973. Relationship between genotypes-environment interaction and stability parameters. *Crop Science* 13: 577-579.

Maunder, A.B., and Pickett, R.C. 1959. The Genetic Inheritance of Cytoplasmic-Genetic Male Sterility in Sorghum. *Agronomy Journal*. 51: 47-49.

Maves, A.J. and R.E Atkins. 1988. Agronomic performance of sorghum hybrids produced by using different male sterility inducing cytoplasms. *Journal of the Iowa Academic of Sciences* 35 (2): 43-46.

McLaren, N.W. and Wehner, F.C. 1990. Relationship between climatic variables during early flowering of sorghum and the incidence of sugary disease caused by *Sphacelia sorghi*. *Journal of Phytopathology*. 130:82-88.

_____ 1992. Quantifying resistance of sorghum genotypes to the sugary disease pathogen (*Claviceps africana*). *Plant Disease*. 76:986-988.

_____ 1997. Changes in pollen viability and concomitant increase in the incidence of sorghum ergot with flowering date and implication in selection for scape resistance. *Journal of Phytopathology*. 145:261-265.

Mulcahy, D.L. 1979. Rise in Angiosperms: A Genealogical factor. *Science*. 206: 20-23.

Murty, U.R. 1986. Cytoplasm effects on heterosis and combining ability in sorghum grain. *International Sorghum News Letter*. 29:76.

- Musabyimana, T., Sehene, C. and Bandyopadhyay, R. 1995. Ergot resistance in sorghum in relation to flowering, inoculation technique and disease. *Plant Pathology*. 44:109-11.
- Ortiz, P., E., Zavala G., F., De la Garza G., J.L., Salinas G., G.E. 1999. Evaluación de diferentes Citoplasmas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L) Moench] para la resistencia al cornezuelo del sorgo *Claviceps africana*. Avances de Investigación. Centro de Investigaciones Agropecuarias. Facultad de Agronomía. UANL. pp. 140
- Quinby, J.R. 1982. Interaction of genes and cytoplasms in sex expression in sorghum. ICRISAT. Sorghum in the eighties: Proceedings of the International Symposium on sorghum, 2-7 nov. 1981. Patancheru, A.P. India: ICRISAT. pp. 385-381.
- Ryley, M.J., Alcorn, J.L., Kochman, J.K., Kong, G.A , and Thompson, S.M. 1996. Ergot on Sorghum spp. in Australia. *Aust. Plant. Pathol.* 25:214.
- Schertz, K.F. and Ritchey, J.M. 1979. Cytoplasmic-genetic male sterility system in sorghum. *Crop Science* . 7: 540-542.
- Schlichting, C.D., Stephenson, A.G., Davis, L.E. 1987. Pollen competition offspring Variance. *Evol. Trends Plants*. 1:35-39

Secrist, R.E., and Atkins, R.E. 1989. Pollen fertility and Agronomic performance of sorghum hybrids with different male-sterility-inducing cytoplasm. *Journal Iowa Academic Science* 96: 99-103

Shivana, K.R. and Juhri, B.M. 1989. *The Angiosperm Pollen: Structure and Function*. New Delhi: Wiley Eastern. 448 p.

Singh, S. and Sawhney, U.K. 1992. Plant hormones in *Brassica napus* and *Lycopersicum sculentum* pollen. *Phytochemistry*. 12: 4051-4053.

Stephens, J.C and Holland, R.F. 1954. Cytoplasmic Male Sterility for Hybrid Seed Production. *Agronomy Journal*. 46:20-23.

_____ and Quinby, J.R. 1934. Anthesis, pollination, and fertilization of sorghum. *Journal of Agricultural Research*. 49: 123-136.

Strickberger, M.W. 1978. *Genetics*. McMillan Publishing Co. N.Y. 937 p.

Thakur, R.P., Rao, V.P. and King, S.B. 1989. Ergot susceptibility in relation to cytoplasmic male sterility in pearl millet (*Penissetum glaucum*). *Plant Disease*.

_____, _____, and _____. 1993. Identification and utilization of ergot resistance in pearl millet (*Penisetum glaucum*). ICRISAT, Res. Bull. 17 Patancheru, India.

Tegegne, G., Bandyopadhyay, R., Mulatu, T. and Kebede, Y. 1994. Screening for ergot resistance in sorghum. *Plant Disease*. 78: 873- 876.

Vasil, I.K. 1987. Physiology and culture of pollen. *Int. Rev. Cytol.* 107: 127-171.

Willingale, J. and Mantle, P.G. 1985. Stigma constriction in pearl millet, a factor influencing reproduction and disease. *Annals of Botany*. 56: 109-115.

