

PRODUCCIÓN DE PSEUDOTECIOS Y ASCOS DE *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. EN TRES CULTIVARES DE MANZANO (*Malus x domestica*)¹

Production of pseudothecia and asci of *Venturia inaequalis* in three apple cultivars

Magdalena Cruz A.²

ABSTRACT

Apple scab is the main disease affecting commercial apple orchards in the VIII Region in Chile. Accurate information on the development of this pathogen contributes towards the development of more efficient disease management strategies. The objective of this experiment was to compare the production of pseudothecia and asci in three apple cultivars, cvs. Mutsu, Jonagold and Macoun established in Chillán (36°34'S; 72°06'W). Pseudothecial productivity was higher in cv. Mutsu only in the first assessment. Mature asci was observed from August 18 to October 6 and its maximum production per pseudothecium, observed on August 25, was similar in the three cultivars, with 61 asci in Mutsu, 66 in Jonagold and 71 in Macoun, corresponding to 67% of the total asci per pseudothecium in Mutsu and approximately 80% in the Jonagold and Macoun.

Key words: apple scab, disease management.

INTRODUCCIÓN

La sarna del manzano, causada por *Venturia inaequalis* (Cke), es la principal enfermedad que afecta los huertos comerciales de este frutal en Chile (Moller *et al.*, 1971; Pinto de Torres y Carreño, 1981). Su control en años normales requiere 8 a 10 aplicaciones de fungicidas en una temporada. En la primavera de 1997, debido al efecto de la corriente de 'El Niño', el número de aplicaciones debió ser duplicado. La estrategia básica de control es impedir el desarrollo del ciclo primario de la enfermedad, el que es iniciado por la liberación de ascosporas desde pseudote-

cios que se forman en las hojas sobre el suelo del huerto (James y Sutton, 1982; Montealegre y Gonzalez, 1984; Gadoury *et al.*, 1989; Ellis *et al.*, 1998). La aplicación de fungicidas, protectores y erradicantes, debe coincidir con la maduración y descarga de las ascosporas. Para mejorar esta estrategia de manejo de la enfermedad se necesita información precisa del desarrollo de la población del patógeno.

El objetivo de este experimento fue comparar la producción de pseudotecios y ascos en los cultivares de manzano Mutsu, Jonagold y Macoun, considerando la influencia del cultivar sobre la producción de ascos y pseudothecios de *V. inaequalis* informada por Smith y MacHardy (1992).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el otoño de 1997 se colectó hojas infectadas con *V. inaequalis* de los cultivares de manzano

¹Recepción original: 06 de agosto 1998.

Trabajo presentado en el 7th International Congress of Plant Pathology, Edimburgo, Reino Unido. 8-15 agosto 1998.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile. E-mail: mcruz@quilamapu.inia.cl

Mutsu, Jonagold y Macoun, en un huerto sin aplicación de fungicidas, del Campo Experimental Santa Rosa del INIA-CRI Quilamapu (36°34'S; 72°06'O). Las hojas fueron mantenidas en el mismo lugar durante el invierno, en bandejas cubiertas con una malla de plástico. Se usó un diseño estadístico en bloques completos al azar con 5 repeticiones. Desde agosto hasta octubre del mismo año, las hojas fueron revisadas semanalmente bajo el microscopio de disección (X12) para evaluar la presencia de pseudotecios, los que fueron contados en 16 mm² de tejido y expresados por cm² de hoja. Para la evaluación de ascos, los pseudotecios fueron puestos con una aguja sobre una gota de agua en un portaobjeto, y luego de verificada su presencia mediante observación al microscopio con bajo aumento (X100), fueron partidos ejerciendo presión sobre el cubreobjeto, arrastrándolos levemente para separar los ascos. La cantidad de

ascos morfológicamente maduros, inmaduros y vacíos fue registrada observando al microscopio con aumento mayor (X400). Los ascos maduros fueron distinguidos por su contenido de 8 ascosporas septadas y oliváceas; en los inmaduros se observó material no diferenciado o esporas incoloras; los ascos vacíos no contenían esporas y su aspecto en algunos casos era más alargado (Foto 1). Para cada unidad experimental se obtuvo el promedio, por categoría de ascos, en seis pseudotecios.

El número de pseudotecios fue registrado durante cuatro semanas, considerando posibles variaciones debido a diferencias en la caída de las hojas.

Los resultados de ascos maduros, inmaduros y vacíos fueron expresados como porcentaje de la producción máxima, de acuerdo a Gadoury y

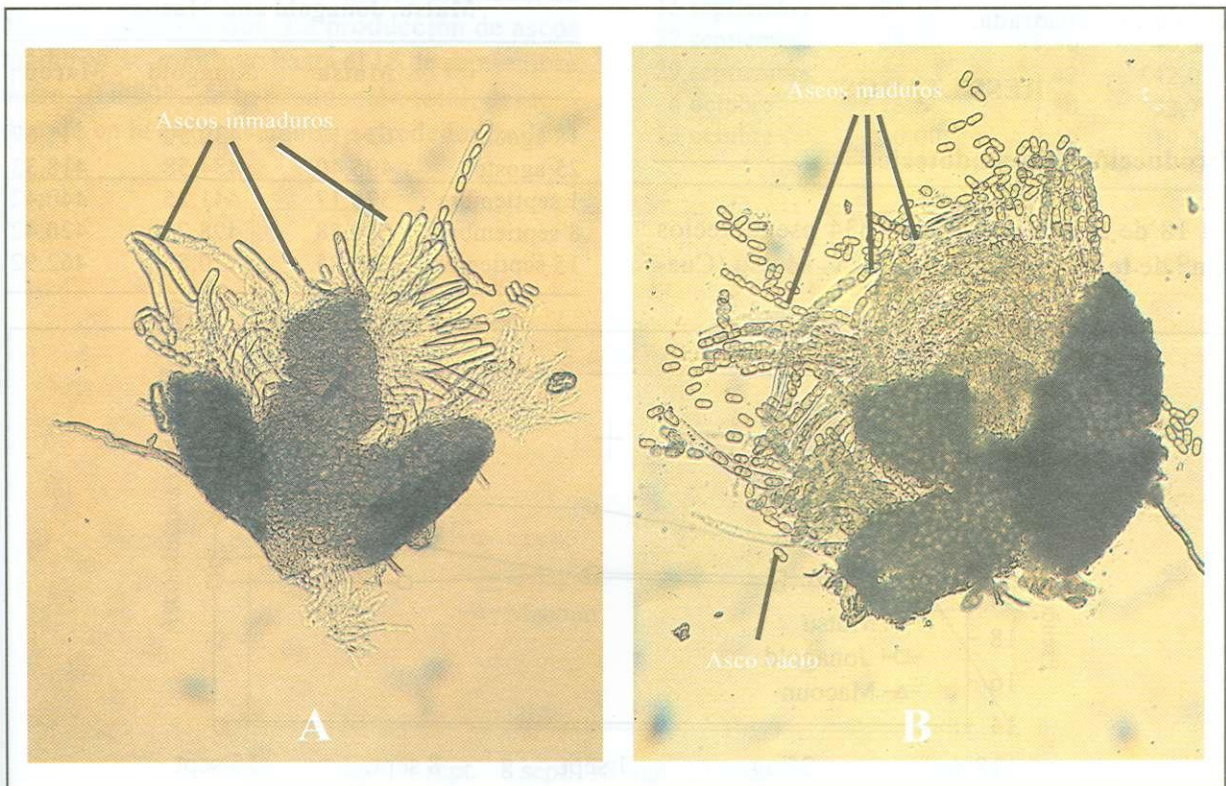


Foto 1. Pseudotecios de *Venturia inaequalis*. **A.** Ascus inmaduros sin ascosporas diferenciadas; **B.** Ascus maduros con ascosporas septadas y asco vacío después de la descarga de ascosporas.

Picture 1. Pseudotecia of *Venturia inaequalis*. **A.** Immature asci without differentiated ascospores; **B.** Mature asci with ascospores showing septae and empty asci after ascospores release.

MacHardy (1982). Las mediciones previas a la ocurrencia de la producción máxima de ascos por pseudotecio fue ajustada sumando la diferencia entre la producción máxima y la producción a una fecha dada, a los ascos inmaduros a esa fecha. Con posterioridad a la producción máxima, la diferencia indicada fue sumada a los ascos vacíos. Ejemplo: en el cv. Mutsu la producción máxima de ascos por pseudotecio fue registrada el 1 de septiembre de 1997 con 91,3 ascos por pseudotecio; como al 18 de agosto la producción total de ascos en este cultivar fue de 40,32 se consideró la diferencia (91,3 - 40,32 = 51,11) como ascos inmaduros, aún no visibles, y fueron sumados a esa categoría, registrando 70,81 ascos inmaduros. El método asume que los ascos vacíos no se desintegran antes que ocurra la producción máxima y que luego de alcanzada ésta no hay una formación adicional de ascos. Se efectuó un análisis de varianza de los resultados, previa transformación a raíz cuadrada.

dro 1), cifra significativamente mayor ($P \leq 0,001$, Figura 1) que en los cvs. Jonagold y Macoun, que tuvieron alrededor de 400 pseudotecios cm^{-2} de hoja. En las mediciones siguientes, la producción de Mutsu, entre 495 y 585 pseudotecios cm^{-2} , fue similar a la de Macoun y Jonagold, que presentaron entre 412 y 499 pseudotecios cm^{-2} .

Producción de ascos

La producción total de ascos por pseudotecio fue similar en los tres cultivares, manteniéndose en alrededor de 80 ascos hasta el 15 de septiem-

RESULTADOS

Producción de pseudotecios

El 18 de agosto se registró 634 pseudotecios cm^{-2} de tejido infectado en el cv. Mutsu (Cua-

Cuadro 1. Producción de pseudotecios cm^{-2} de tejido infectado en los cvs. Mutsu, Jonagold y Macoun

Table 1. Pseudothecial productivity, expressed as pseudothecia cm^{-2} infected tissue in cvs. Mutsu, Jonagold and Macoun

	Mutsu	Jonagold	Macoun
18 agosto	634,17	432,50	411,67
25 agosto	495,40	434,58	418,33
1 septiembre	574,17	441,25	440,42
8 septiembre	584,58	498,75	420,42
15 septiembre	546,25	420,83	462,92

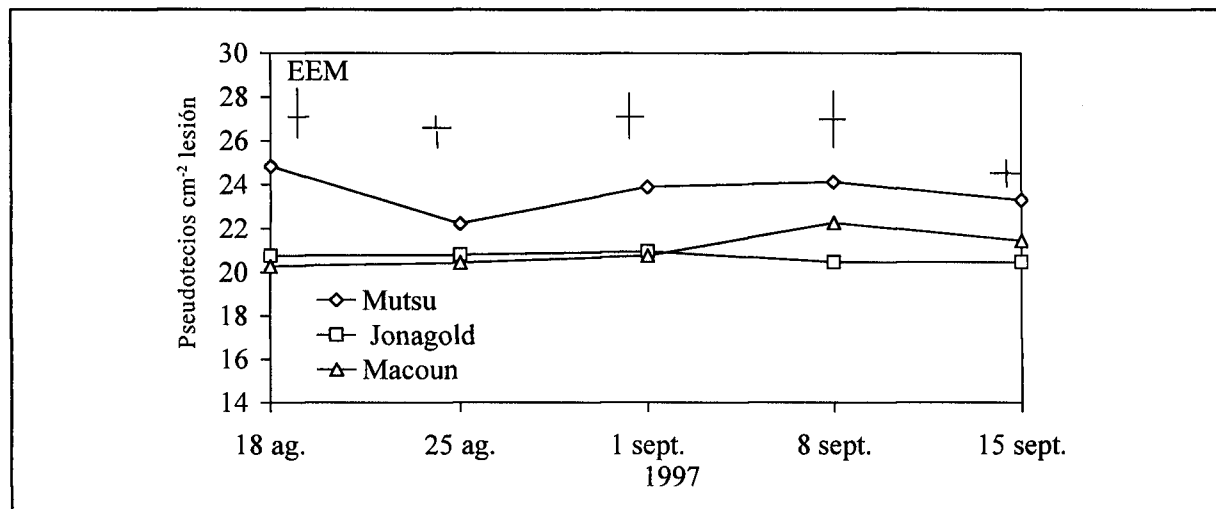


Figura 1. Producción de pseudotecios cm^{-2} de lesión en los cvs. Mutsu, Jonagold y Macoun (Transformación raíz cuadrada).
 Figure 1. Pseudothecial productivity cm^{-2} infected tissue in cvs. Mutsu, Jonagold and Macoun (Square root transformation).

bre (Cuadro 2). En la sexta semana, iniciada el 22 de septiembre, la producción total disminuyó a alrededor de 60 ascos en Mutsu, y 40 ascos por pseudotecio en Jonagold y Macoun. Posteriormente, Jonagold redujo la producción de ascos significativamente ($P \leq 0,001$), en relación con Mutsu (Figura 2).

En los tres cultivares se observó ascos morfológicamente maduros entre el 18 de agosto y el 6 de octubre. En la primera evaluación el cv. Jonagold presentó 53 ascos maduros por pseudotecio (Cuadro 3), producción significativamente mayor ($P \leq 0,001$) que los cvs. Mutsu y Macoun, que tuvieron 20 y 30 ascos maduros por pseudotecio, respectivamente (Figura 3). La producción máxima de ascos maduros, observada el 25 de agosto, fue similar en los tres cultivares, con 61 ascos en Mutsu, 66 en Jonagold y 71 en Macoun, lo cual correspondió a 67% del total máximo de ascos por pseudotecio en Mutsu, y alrededor de 80% en los otros dos. La producción de ascos maduros se mantuvo hasta el 15 de septiembre entre 50 a 70% de la producción total, descendiendo en la quinta semana a alrededor de 36%

del total máximo en Mutsu, 32% en Jonagold y 22% en Macoun. El 29 de septiembre el cv. Jonagold registró 2 ascos maduros por pseudotecio, significativamente menor ($P \leq 0,001$) que Mutsu y Macoun, con 9 y 10 ascos maduros por pseudotecio, respectivamente. Jonagold agotó su producción de ascos el 6 de octubre. En la

Cuadro 2 . Producción total de ascos/ pseudotecio en los cvs. Mutsu, Jonagold y Macoun

Table 2. Total asci/pseudothecium in cvs. Mutsu, Jonagold and Macoun

	Mutsu	Jonagold	Macoun
18 agosto	40,32	61,99	35,85
25 agosto	84,03	81,09	89,90
1 septiembre	91,43	84,03	72,19
8 septiembre	74,63	86,06	76,70
15 septiembre	83,53	86,10	78,70
22 septiembre	59,30	38,30	40,80
29 septiembre	46,43	23,42	42,07
6 octubre	13,56	7,80	32,77
13 octubre	0,00	9,10	19,20

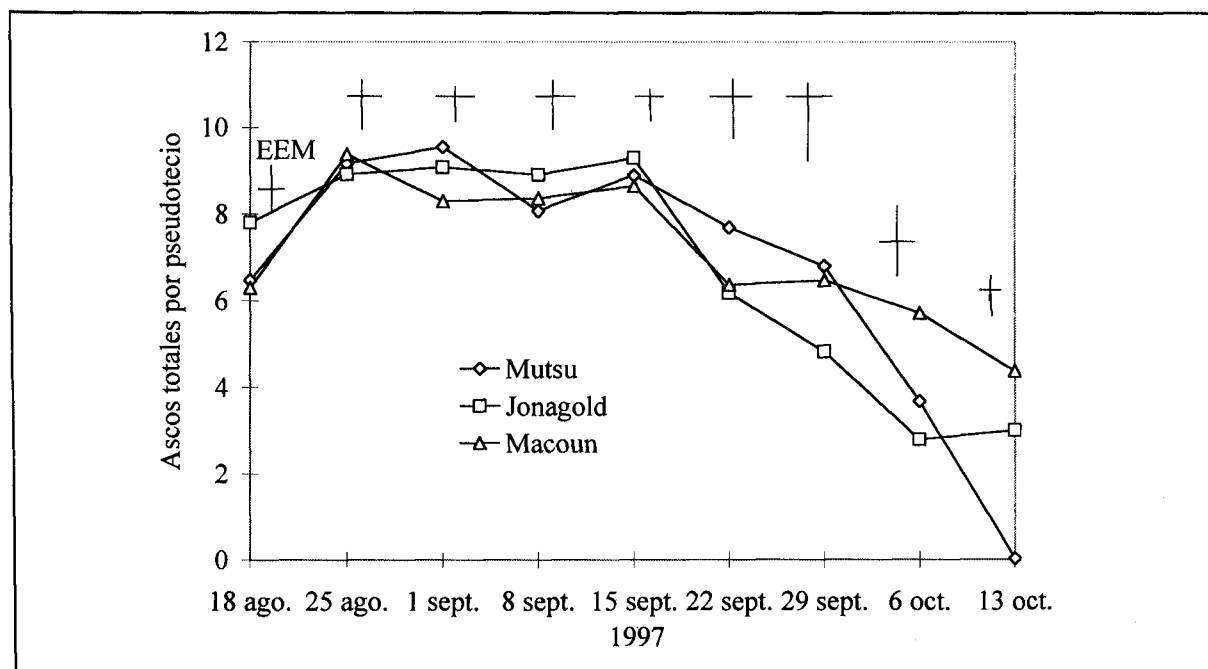


Figura 2. Ascospores totales por pseudotecio (Transformación raíz cuadrada).
 Figure 2. Total asci per pseudothecium (Square root transformation).

Cuadro 3. Producción de ascos maduros/pseudotecio en los cvs. Mutsu, Jonagold y Macoun*

Table 3. Mature asci/pseudothecium in cvs. Mutsu, Jonagold and Macoun

		Mutsu	Jonagold	Macoun
18 agosto	Nº asco	20,06	53,46	30,19
	%	21,94	62,09	33,58
25 agosto	Nº asco	61,33	55,00	71,79
	%	67,07	76,65	79,85
1 sept.	Nº asco	63,40	56,86	41,83
	%	69,34	66,03	46,52
8 sept.	Nº asco	46,66	50,80	54,64
	%	51,03	59,00	60,77
15 sept.	Nº asco	57,24	44,10	52,81
	%	62,60	51,11	58,74
22 sept.	Nº asco	33,30	27,94	20,50
	%	36,42	32,45	22,80
29 sept.	Nº asco	9,70	2,65	10,35
	%	10,60	3,07	11,51
6 oct.	Nº asco	2,03	0,11	5,21
	%	2,22	0,10	5,70
13 oct.	Nº asco	0,00	0,00	4,40
	%	0,00	0,00	4,89

*% expresado en función de la producción total máxima de ascos para cada cultivar.

misma fecha, Mutsu tuvo 2 ascos maduros por pseudotecio y Macoun 5.

En la primera fecha de evaluación el cv. Jonagold presentó un número de ascos inmaduros significativamente menor que Mutsu ($P \leq 0,001$, Figura 4), con alrededor del 50% de la producción de Mutsu y Jonagold (Cuadro 4). El 25 de agosto la producción de ascos inmaduros del cv. Mutsu fue aproximadamente 28% del total máximo, manteniendo la producción en alrededor de 20% de ese total hasta el 22 de septiembre, para luego decaer en las fechas posteriores. El cv. Jonagold, que en la segunda evaluación presentó una producción de ascos inmaduros del 20% del máximo total y la mantuvo en las dos evaluaciones siguientes, la aumentó el 15 de septiembre a 44% del total, descendiendo marcadamente a partir de esa fecha. Macoun, con una producción de 13% de ascos inmaduros en la segunda evaluación, la duplicó en la tercera, para luego mantenerse entre 17 y 13% hasta el 22 de septiembre, cuando se produce una notoria reducción. Los tres cultivares no presentaron ascos inmaduros el 13 de octubre.

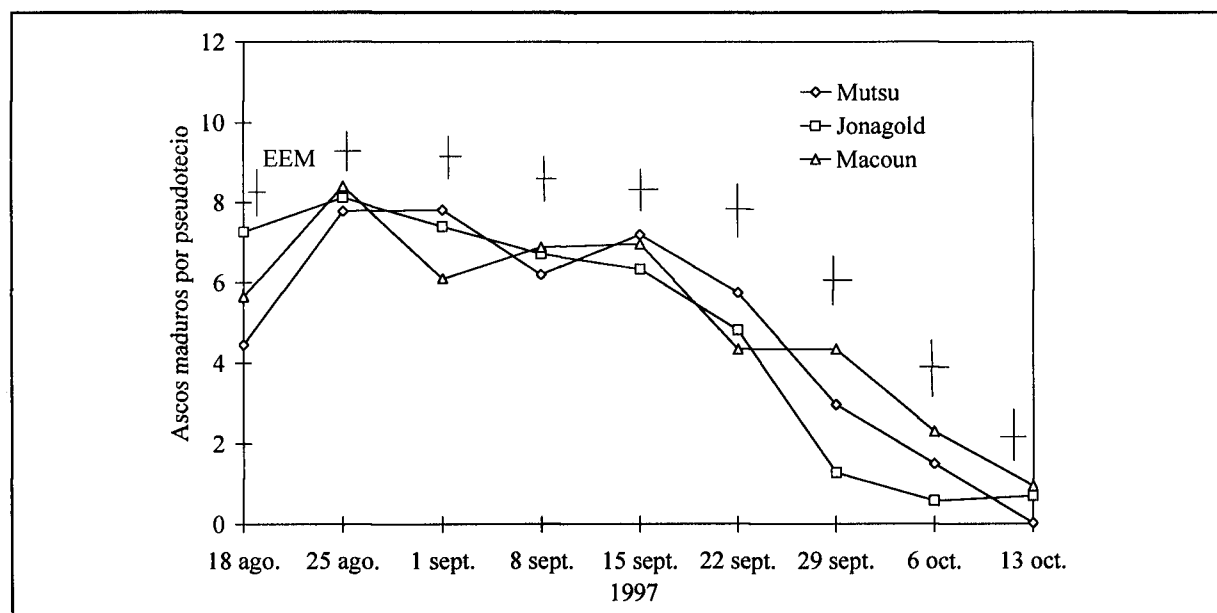


Figura 3. Ascosp maduros por pseudotecio (Transformación raíz cuadrada).

Figure 3. Mature asci per pseudothecium (Square root transformation).

**Cuadro 4. Producción de ascos inmaduros/
pseudotecio en los cvs. Mutsu,
Jonagold y Macoun***

**Table 4. Immature asci/pseudothecium
in cvs. Mutsu, Jonagold and Macoun**

		Mutsu	Jonagold	Macoun
18 agosto	Nº asco	70,81	32,64	59,71
	%	77,44	37,90	66,41
25 agosto	Nº asco	25,30	17,00	11,60
	%	27,67	19,74	11,90
1 sept.	Nº asco	21,96	18,23	23,83
	%	24,01	21,17	26,50
8 sept.	Nº asco	18,20	24,57	15,43
	%	19,90	28,53	17,16
15 sept.	Nº asco	18,26	37,64	15,83
	%	19,97	43,71	17,60
22 sept.	Nº asco	18,54	6,56	11,97
	%	20,27	7,61	13,31
29 sept.	Nº asco	7,03	1,76	4,36
	%	7,68	2,04	4,84
6 oct.	Nº asco	0,50	0,06	1,70
	%	0,50	0,06	1,89
13 oct.	Nº asco	0,00	0,00	0,00
	%	0,00	0,00	0,00

*Expresada en función de la producción máxima.

El registro de ascos vacíos subió abruptamente a partir del 15 de septiembre (Figura 5). El 29 del mismo mes el cv. Jonagold presentó una producción mayor que Macoun y Mutsu, alcanzando 100% el 6 de octubre (Cuadro 5).

DISCUSIÓN

La densidad de pseudotecios fue significativamente mayor en el cv. Mutsu en la primera evaluación, pero posteriormente esta diferencia no se mantuvo. Gadoury y MacHardy (1986) en New Hampshire no encontraron diferencias significativas en el número de pseudotecios por lesión sobre hojas de McIntosh, Cortland y Delicious. Sin embargo Smith y MacHardy (1992) informaron, para el mismo lugar, una producción de pseudotecios significativamente mayor para Rome Beauty en relación con Mutsu, y la producción de los cvs. Spartan, McIntosh, Golden Delicious, Delicious, y Stayman fue entre 20 y 56% inferior a Rome Beauty. En la temporada siguiente los cultivares no difirieron significativamente en densidad de pseudotecios. Wilson (1928) identificó cinco factores, además

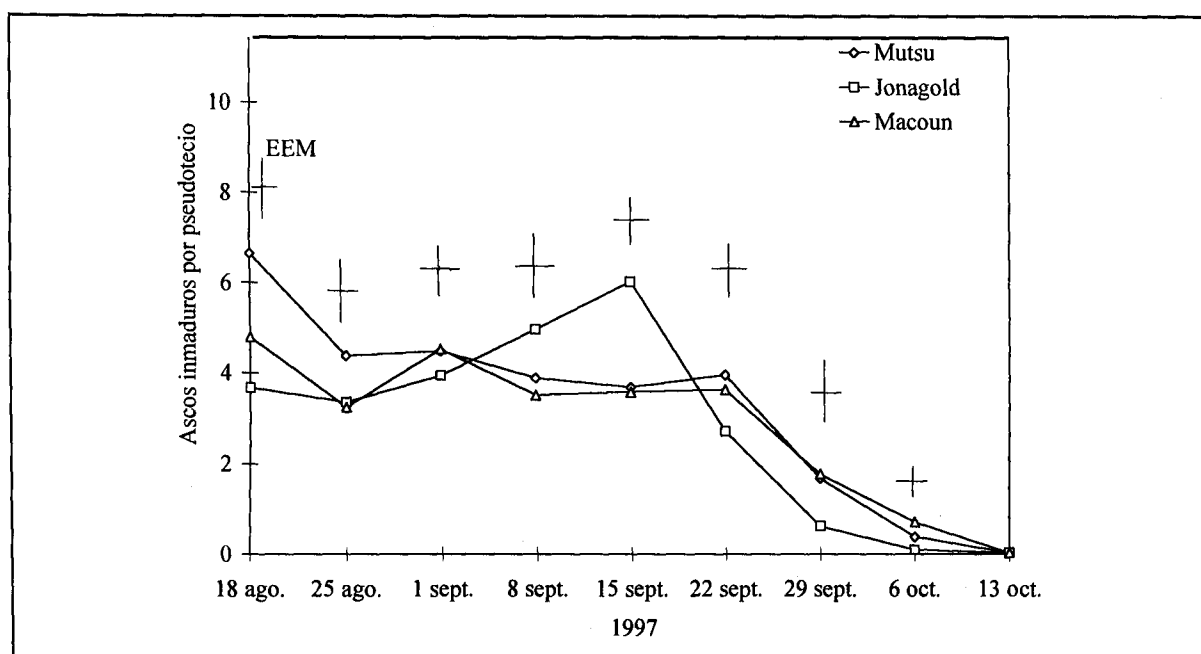


Figura 4. Ascospores inmaduros por pseudotecio (Transformación raíz cuadrada).

Figure 4. Immature asci per pseudothecium (Square root transformation).

Cuadro 5. Producción de ascos vacíos/ pseudotecio en los cvs. Mutsu, Jonagold y Macoun*

Table 5. Empty asci/pseudothecium in cvs. Mutsu, Jonagold and Macoun

		Mutsu	Jonagold	Macoun
18 agosto	Nº asco	0,56	0,00	0,06
	%	0,60	0,00	0,06
25 agosto	Nº asco	4,80	3,10	6,51
	%	5,24	3,60	7,20
1 sept.	Nº asco	6,07	11,01	24,24
	%	6,63	12,78	26,96
8 sept.	Nº asco	26,57	10,73	19,83
	%	29,06	12,46	22,05
15 sept.	Nº asco	15,93	4,36	21,26
	%	17,42	5,06	23,64
22 sept.	Nº asco	39,59	51,60	57,43
	%	43,30	59,93	63,88
29 sept.	Nº asco	74,70	81,69	75,19
	%	81,70	94,87	83,63
6 oct.	Nº asco	88,90	85,93	82,99
	%	97,23	99,80	92,31
13 oct.	Nº asco	91,43	86,10	85,50
	%	100,00	100,00	95,10

*Expresada en función de la producción máxima.

del cultivar y otros conocidos posteriormente (Mac Hardy, 1996), que influyen en el desarrollo de los pseudotecios previo a la caída de las hojas; entre éstos, el tipo de lesión (discreta o difusa), edad y superficie de la hoja infectada, densidad del inóculo, densidad de la lesión a la caída de la hoja, época de la caída, strain de *V. inaequalis* y pesticidas aplicados, pueden explicar la variación en el número de pseudotecios para un mismo cultivar en las diferentes fechas de evaluación. El crecimiento y unión de las lesiones aumentaría la probabilidad de apareamiento de dos hifas de diferente talo para dar origen a un pseudotecio.

Como todas las hojas estaban altamente infectadas no hubo diferencia significativa entre cultivares en porcentaje de área infectada con pseudotecios. Su cantidad varió entre 410 y 630 pseudotecios cm⁻² de tejido infectado, en un rango similar a los resultados de Jeger y Butt (1983) en el Reino Unido. En un trabajo efectuado en Valdivia, Andrade (1981) encontró un promedio de 78 pseudotecios cm⁻² de hoja.

El cultivar Jonagold, aunque con una tasa de desarrollo más lenta que los otros dos, alcanzó

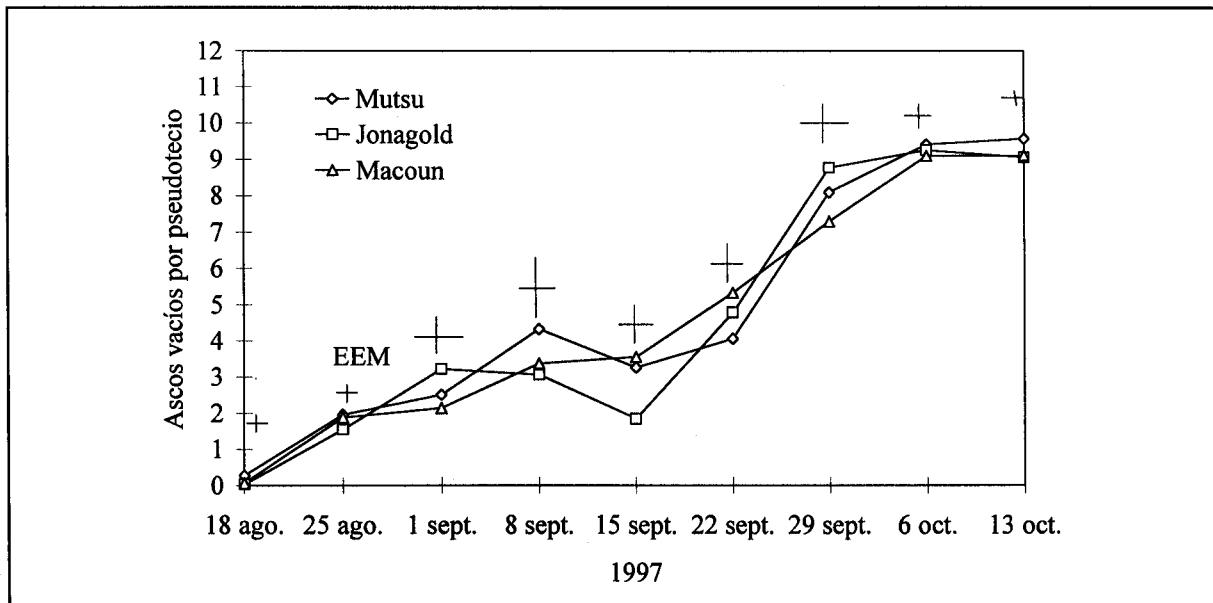


Figura 5. Ascospores por pseudotecio (Transformación raíz cuadrada).

Figure 5. Empty asci per pseudothecium (Square root transformation).

un mayor porcentaje de ascos maduros primero en la temporada, para luego tener un descenso y agotamiento más rápido que Mutsu y Macoun. No existe acuerdo entre algunos autores en el efecto del cultivar sobre la tasa de madurez de los ascos. Trabajos en California y New Hampshire indican igual tasa de desarrollo para todos los cultivares (Moller, 1980; Smith y MacHardy, 1992), mientras que Jeger *et al.* (1982) lo rebaten. Estos últimos informaron que en una evaluación durante dos temporadas en Inglaterra, la tasa de maduración de pseudotecios fue idéntica en algunos cultivares y en otros diferente. Según MacHardy (1996) una manera más exacta de determinar la tasa de maduración de pseudotecios y la consiguiente liberación de ascosporas es coleccionarlas semanalmente en el período de producción, en lugar del procedimiento de partir pseudotecios en busca de ascos maduros. Esto debido a que los ascos que aparecen morfológicamente maduros pueden no estarlo fisiológicamente.

MacHardy (1996) sostiene que aunque el cultivar puede causar una significativa diferencia en la densidad de pseudotecios y de ascos, en general estas diferencias no son sustanciales y no siempre coinciden con diferencias en la pro-

ducción de ascosporas. Cuando se ha detectado diferencia en la producción de ascosporas entre cultivares no ha estado correlacionada con diferencias en la incidencia y severidad de la enfermedad, por lo que otros factores en este patosistema son aparentemente más influyentes en determinar la resistencia relativa de un cultivar a *V. inaequalis*.

No obstante lo anterior, el método que usa el número máximo de ascos pseudotecio⁻¹ para ajustar la medición por exclusión de ascos no vistos a comienzos de primavera y la exclusión de ascos desintegrados a fines de la estación permite estimar con mayor precisión la extensión del ciclo primario de la enfermedad. Gadoury y MacHardy (1982) citan un ensayo donde se determinó un 84% de ascos vacíos a fines de primavera; aplicando la corrección se encontró que este porcentaje subió a 98% de ascos vacíos o ascosporas descargadas, lo que significó la recomendación de distanciar a partir de esa fecha las aplicaciones de fungicida, según la indicación de hacerlo cuando el 95% de las ascosporas ha sido liberado. La reducción en el número de aplicaciones de fungicida varió entre 1 y 2, dependiendo del programa con fungicidas protectores o erradicantes en uso.

RESUMEN

La sarna del manzano (*Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.) es la principal enfermedad que afecta los huertos comerciales de manzano en Chile. Una mayor información sobre este patógeno contribuye al desarrollo de estrategias de control más eficientes. El objetivo de este experimento fue comparar la producción de pseudotecios y ascos en manzano (*Malus x domestica*), cvs. Mutsu, Jonagold y Macoun, establecidos en Chillán (36°34'S; 72°06'O). La producción de pseudotecios fue mayor en el cv. Mutsu sólo en la primera medición. Los ascos maduros se presentaron entre el 18 de agosto y el 6 de octubre de 1997, con una producción máxima por pseudotecio, ocurrida el 25 de agosto, similar en los

tres cultivares. Mutsu registró 61 ascos maduros, Jonagold 66 y Macoun 71, correspondiendo al 67% de el máximo total de ascos por pseudotecio en Mutsu, y alrededor de 80% en los otros dos.

Palabras claves: sarna del manzano, manejo de enfermedades.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a la Sra. Viviana Cisterna O., Profesora de Biología, su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE, M. N. 1981. Estudio de algunos aspectos biológicos de *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter en Valdivia. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 38 p.
- ELLIS, M. A.; FERREE, D. C.; FUNT, R. C. AND MADDEN, L. V. 1998. Effect of an apple scab-resistant cultivar on use patterns of inorganic and organic fungicides and economics of disease control. *Plant Disease* 82: 428-433.
- GADOURY, M. D. AND MACHARDY, W. E. 1982. Preparation and interpretation of squash mounts of pseudothecia of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 72: 92-95.
- GADOURY, M. D. AND MACHARDY, W. E. 1986. Forecasting ascospore dose of *Venturia inaequalis* in commercial apple orchards. *Phytopathology* 76: 112-118.
- GADOURY, M. D.; MACHARDY, W. E. AND ROSENBERGER, D. A. 1989. Integration of pesticide application schedules for disease and insect control in apple orchards of the northeastern United States. *Plant Disease* 73: 98-105.
- JAMES, J. R. AND SUTTON, T. B. 1982. Environmental factors influencing pseudothecial development and ascospore maturation of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 72: 1073-1080.
- JEGER, M. J.; SWAIT, A. J. AND BUTT, D. J. 1982. Overwintering of *Venturia inaequalis*, the causal agent of apple scab, on different cultivars. *Annals of Applied Biology* 100: 91-98.
- JEGER, M. J. AND BUTT, D. J. 1983. Overwintering of *Venturia inaequalis* the causal agent of apple scab in relation to weather. *Annals of Applied Biology* 103: 201-218.
- MACHARDY, W. E. 1996. Apple Scab. Biology, epidemiology and management. The American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota, USA. 545 p.
- MOLLER, W. J. 1980. Effect of apple cultivar on *Venturia inaequalis* ascospore emission in California. *Plant Disease* 64: 930-931.
- MOLLER, W. J.; LATORRE, B. A. Y DOCAMPO, D. 1971. Liberación de inóculo primario de *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint., en Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 31: 27-33.
- MONTEALEGRE, J. Y GONZÁLEZ, S. 1984. Desarrollo de la fase saprofítica de *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter sobre hojas adheridas al árbol. *Agro Sur* 12(1): 49-51.
- PINTO DE TORRES, A. Y CARREÑO, I. 1981. Control de *Venturia* en manzanos con fungicidas aplicados a calendario fijo o cuando las condiciones climáticas favorecen la infección. *Agricultura Técnica (Chile)* 41(4): 177-185.
- SMITH, C. A. AND MACHARDY, W. E. 1992. The influence of apple cultivar on pseudothecia and ascospore production. *Phytopathology* 82(2): 247.
- WILSON, E. E. 1928. Studies of the ascigerous stage of *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. in relation to certain factors of environment. *Phytopathology* 18: 375-417.