

Efecto de la pudrición húmeda del capítulo de girasol [*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary] sobre el contenido de impurezas del producto cosechado, y el contenido y la acidez del aceite¹

María Eugenia Agüero², Víctor R. Pereyra³ y Alberto R. Escande⁴

J. Agric. Univ. P.R. 85(3-4):177-186 2001

RESUMEN

Se estudió el efecto de la pudrición húmeda del capítulo de girasol sobre el contenido de impurezas del producto cosechado (PC), el contenido de aceite (CA) y la acidez del aceite (AA). Se analizaron partidas de girasol con 0, 10, 20, 30, 40, 50, 80 y 100% de incidencia de enfermedad (IE). El PC se pesó y mantuvo intacto o se separó en tres fracciones: semillas, esclerocios y otras impurezas, para las cuales se calculó el porcentaje con respecto al peso total del PC. Para la determinación del CA y la AA se usaron muestras originales intactas (S+E+OI) y muestras compuestas por: semillas (S); semillas y esclerocios (S+E); semillas y otras impurezas (S+OI). La IE afectó significativamente la composición del producto cosechado. A mayor IE el porcentaje de semillas disminuyó y las impurezas aumentaron. Los esclerocios fueron el componente más abundante de las impurezas. Con 100% de IE las semillas representaron el 65% y los esclerocios el 25% del producto cosechado. A mayor IE el CA disminuyó y la AA aumentó. El contenido de semillas en el producto cosechado definió el CA. El contenido de esclerocios fue la principal razón del incremento de la AA. Con 100% de IE las muestras de S+E disminuyeron en 31% el CA y aumentaron en 53% la AA con respecto a muestras de S.

ABSTRACT

Effect of sunflower head rot [*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary] on impurities in harvested product, and oil content and acidity

The effect of sunflower head rot on impurities in the harvested product (HP), oil content (OC) and oil acidity (OA) was studied. Levels of 0, 10, 20, 30, 40, 50, 80 and 100% of disease incidence (DI) were analyzed. The HP was either weighed and left untouched or it was divided into three fractions: seeds, sclerotia and other impurities. For OC and OA measurement, we analyzed samples from each DI level composed of seeds (S), seeds and sclero-

¹Manuscrito sometido a la junta editorial el 8 de febrero de 2000.

²Becaria de CONICET. Corresponding author E-mail: maguero@balcarce.inta.gov.ar.

³Unidad Integrada Balcarce (UIB) (Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)—EEA INTA Balcarce) Ruta 226 km 73,5. 7620. Balcarce, Argentina. E-mail: vpereyra@balcarce.inta.gov.ar.

⁴UIB. E-mail: aescande@mdp.edu.ar.

tia (S+Scl), seeds and other impurities (S+Ol), and untouched original samples (S+Scl+Ol). Disease incidence significantly affected the composition of the harvested product. At greater DI levels, seed percentage went down and impurities rose. Sclerotia were the most abundant impurities. With 100% DI, seed represented 65% and sclerotia 25% of the HP. At greater DI levels, OC went down and OA rose. Content of seeds in the HP defined OC. Sclerotia content was the main reason for the increase in OA. At 100% DI, S+Scl samples yielded 31% less OC and 53% more OA than the S samples.

Key words: sunflower, *Sclerotinia sclerotiorum*, oil content, oil acidity

INTRODUCCIÓN

La pudrición húmeda del capítulo de girasol (PHCG), causada por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, es una de las enfermedades más dañinas del girasol en la Argentina, no sólo por disminuir la producción potencial, sino también por la inseguridad que genera su posible aparición (Pereyra y Escande, 1994). Durante 1987/88, una epifitía de *S. sclerotiorum* en el sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) provocó la pérdida total de 50,000 hectáreas y daños parciales en otras 100,000 (Pereyra y Bazzalo, 1988).

El período de mayor susceptibilidad es durante la floración del girasol (Says-Lesage y Tourvielle, 1988). Los síntomas de la PHCG se inician con manchas castaño claras en la parte inferior del capítulo, que luego se extienden y se oscurecen (Purdy, 1979). Los tejidos afectados pierden turgencia, se pudren, quedando solamente los tejidos lignificados (Lumsden, 1976), que dan al capítulo aspecto de escoba. El patógeno produce esclerocios que pueden fijarse en forma de red alrededor de los aquenios y en formas irregulares en el resto del capítulo (Alonso, 1988). A veces, el interior de la semilla puede estar cubierto con micelio del hongo o estar ocupado por uno o más esclerocios (Pereyra y Valetti, 1993). Parte de estos esclerocios se parecen tanto a las semillas de girasol que no pueden ser eliminados por las máquinas clasificadoras (Jauch, 1975).

Las enfermedades afectan negativamente el rendimiento y la calidad del girasol (Zimmer y Zimmerman, 1972; Gulya et al., 1989). La agresividad del ataque de *S. sclerotiorum* puede provocar grandes pérdidas en el rendimiento de granos y la producción de aceite (Sala et al., 1996). El objetivo de este trabajo fue estudiar cómo afecta la PHCG el contenido de impurezas del producto cosechado, el contenido de aceite y la acidez del aceite.

MATERIALES Y MÉTODOS

En Balcarce (Argentina), semillas del cultivar Agrobél 910 se sembraron, a mediados de diciembre, en un campo de suelo Argiudol típico. La distancia entre surcos fue de 70 cm y entre plantas de 25 cm. El cul-

tivo no fue regado ni fertilizado. Luego de la floración, el 50% de las plantas presentaron síntomas de PHCG, causados por infección natural de ascosporas de *S. sclerotiorum*.

En madurez comercial, aproximadamente 15 días después de madurez fisiológica, se recolectaron a mano capítulos de 21 ± 3 cm de diámetro con pudrición húmeda que afectaba el $60 \pm 10\%$ de su superficie y capítulos sin síntomas. Capítulos con y sin síntomas se agruparon al azar para alcanzar incidencias de enfermedad (IE) de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 80 ó 100%. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con tres repeticiones y cada unidad experimental con 10 capítulos. Los capítulos se trillaron mecánicamente en una máquina estática, especialmente diseñada para la cosecha de ensayos. El producto cosechado se secó a $39 \pm 5^\circ\text{C}$ durante siete días, se pesó con una precisión de 0.01 g y se almacenó en bolsas de papel de 40×60 cm a $15 \pm 6^\circ\text{C}$ en oscuridad. El producto de la trilla, cuyo volumen ocupaba la mitad de la capacidad de la bolsa de papel, se homogeneizó agitando cada bolsa durante dos minutos a razón de 60 golpes por minuto. Se separaron 35 g del producto de la trilla de cada unidad experimental para medir el contenido de aceite y la acidez del aceite en muestras intactas conteniendo semillas, esclerocios y otras impurezas (S+E+OI).

Mediante el uso del programa estadístico SAS (1988), se ajustaron modelos de regresión entre la incidencia de la enfermedad y las variables porcentaje de semillas, porcentaje de esclerocios, porcentaje de otras impurezas, contenido de aceite y acidez de aceite.

Impurezas del producto cosechado

El producto cosechado de cada unidad experimental se separó manualmente en tres fracciones: semillas, esclerocios y otras impurezas. Se pesó cada una de estas fracciones con una precisión de 0.01 g y se calcularon los porcentajes con respecto al peso total de la unidad experimental.

Contenido de aceite

Dos meses después de la trilla, se midió el contenido de aceite en 20 g de muestras originales intactas de cada unidad experimental constituidas por semillas, esclerocios y otras impurezas (S+E+OI) y en muestras constituidas solamente por semillas (S); semillas y esclerocios (S+E) y semillas y otras impurezas, exceptuando los esclerocios (S+OI). La proporción de impurezas en las muestras fue la misma que tenían las muestras originales. Se utilizó un arreglo factorial de ocho niveles de IE por las cuatro composiciones del producto cosechado indicadas. El contenido de aceite se midió en un equipo de resonancia

magnética nuclear (Newport 4000, Abingdon, Inglaterra). Se realizaron dos mediciones de 20 segundos por cada muestra y el promedio de ambas fue utilizado para los análisis estadísticos.

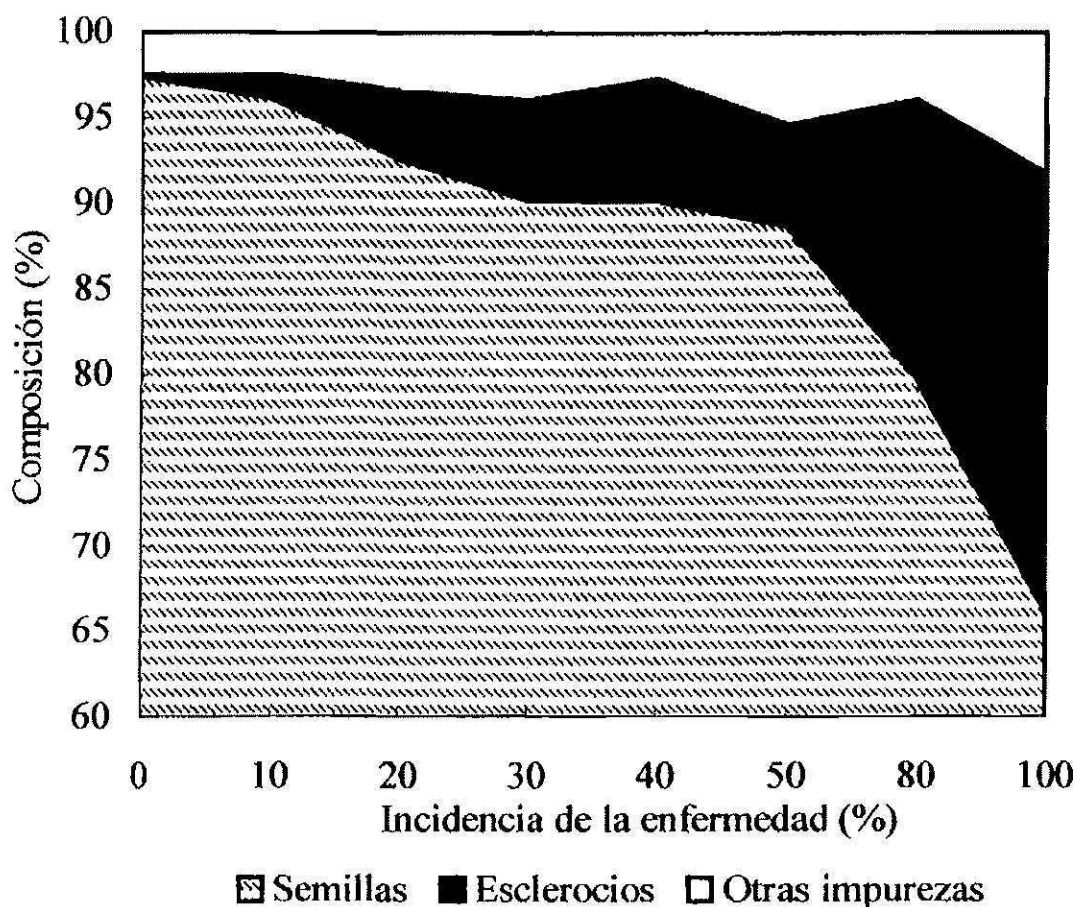
Acidez del aceite

Seis meses después de la trilla se midió la acidez del aceite en muestras de 15 g de composición similar a las utilizadas para contenido de aceite. Se utilizó un arreglo factorial de tres niveles de IE (0, 50 y 100%) por las cuatro composiciones de muestras antes descritas. Se extrajo el aceite de las muestras utilizando la metodología del Instituto Nacional de Racionalización de Materiales (IRAM, 1982). El aceite se almacenó durante quince días en ampollas de vidrio fino y transparente, cerradas al vacío a $2 \pm 1^\circ\text{C}$ en oscuridad. La determinación de la acidez del aceite se realizó según la metodología de la Asociación Oficial de Análisis Químicos (AOAC, 1980). Se realizaron dos mediciones por cada muestra y el promedio de ambas se utilizó para los análisis estadísticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Impurezas del producto cosechado

La incidencia de la enfermedad afectó significativamente la composición del producto cosechado. En todos los tratamientos las semillas fueron el principal componente del producto cosechado aunque su porcentaje disminuyó con el incremento de la incidencia de la enfermedad. Con 100% de IE, las semillas constituyeron el 65%, los esclerocios el 25% y las otras impurezas el 10% del producto cosechado (Figura 1). En todos los niveles de IE se detectaron impurezas como esclerocios, restos florales, restos de brácteas y de otras estructuras lignificadas del capítulo. Exceptuando los esclerocios, las otras impurezas fueron detectadas en todos los niveles de IE, pero tanto su porcentaje en el producto cosechado como su variación ante el aumento de la IE fueron mínimos (Figura 1). Si bien la incidencia de la enfermedad explicó, mediante regresión lineal, 51% de la variación total en el porcentaje de otras impurezas, no se detectó asociación significativa entre estas variables (Figura 1). Aún en el producto cosechado de plantas sin síntomas de PHCG fue posible detectar esclerocios, los cuales ocuparon el mayor porcentaje de las impurezas totales, especialmente cuando la IE superó 20% (Figura 1). Se seleccionó una regresión cuadrática de elevado ajuste ($R^2 = 0.92$) para modelar el efecto de la IE sobre la contaminación del producto cosechado con esclerocios, siendo el grado de asociación de estas variables altamente significativo (Figura 1).



S: $y = 97.4 - 0.03x - 0.003^*x^2$ $R^2=0.91$ CV=6.01

OI: $y = 2.53 + 0.057^*x$ $R^2=0.51$ CV=25.6

E: $y = 0.11 - 0.02x + 0.003^*x^2$ $R^2=0.92$ CV=35.8

* coeficiente de regresión distinto de cero ($P<0.05$)

FIGURA 1. Influencia de la pudrición húmeda del capítulo de girasol sobre la composición del producto cosechado: semillas (S), esclerocios (E) y otras impurezas (OI). La incidencia de la enfermedad y la composición del producto cosechado se expresan en porcentaje con respecto al número de plantas y al peso del producto cosechado por parcela, respectivamente. Los datos son promedios de tres repeticiones de diez plantas.

La disminución del porcentaje de semillas y la acumulación de impurezas en el producto cosechado están relacionados al tipo de lesión que *S. sclerotiorum* provoca en el capítulo de girasol. El patógeno causa aborto de las flores (Says-Lesage y Tourvieille, 1988), destrucción del capítulo como consecuencia de la degradación de todos los tejidos (Lumsden, 1976), caída de las semillas maduras al suelo (Pereyra y Valetti, 1993) e incremento de cuerpos extraños, principalmente esclerocios (Lumsden, 1979). Éstas son las causas más relevantes en la

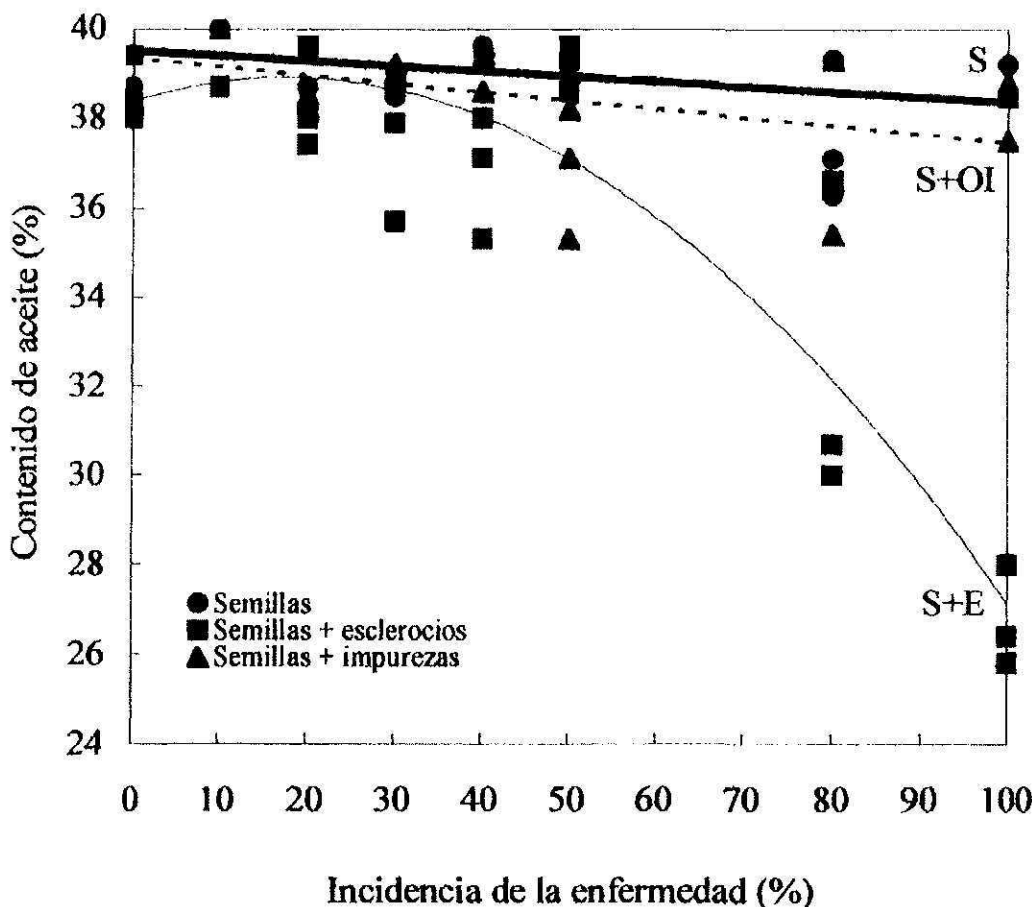
disminución del porcentaje de semillas y el cambio de la composición del producto cosechado.

Contenido de aceite

El cambio de composición del PC fue la causa principal de la disminución del contenido de aceite. La mayor disminución del contenido de aceite se evidenció en muestras compuestas de S+E obtenidas de unidades experimentales con IE superior al 50% (Figura 2), donde las semillas representaron menos del 85% del producto cosechado (Figura 1). Con 100% de IE, el contenido de aceite de muestras de S+E disminuyó un 31% con respecto al contenido de aceite medido en las muestras compuestas solamente por semillas. La regresión cuadrática significativa entre IE y contenido de aceite explicó el 93% de la variabilidad del contenido de aceite de las muestras de S+E (Figura 2). Se estableció una alta correlación entre el contenido de aceite de las muestras de S+E y el porcentaje de semillas en dichas muestras ($r = 0.83$, $P < 0.001$). Aparentemente, un efecto principalmente físico está influenciando la respuesta del contenido de aceite frente a la enfermedad, pues la disminución del contenido de aceite de muestras compuestas sólo por semillas ante el aumento de la IE fue muy leve (Figura 2). La presencia de los esclerocios redujo drásticamente el porcentaje de semillas y en consecuencia el contenido de aceite fue menor.

El bajo porcentaje de otras impurezas, que se detectó en todos los niveles de IE, no fue suficiente para reducir significativamente el contenido de aceite de las muestras de S+OI. Se establecieron regresiones lineales simples entre la IE y el contenido de aceite de las muestras de S y las de S+OI, siendo los ajustes de las mismas moderado y bajo, respectivamente (Figura 2). No se encontró diferencia significativa en el contenido de aceite al comparar las composiciones de S+E y S+E+OI (Cuadro 1). Por lo tanto puede inferirse que dentro de las impurezas totales del producto cosechado, el porcentaje de esclerocios produce cambios más importantes en el contenido de aceite de la muestra.

La acumulación de aceite en los frutos está altamente relacionada con el área foliar (Aguirrezábal et al., 1996). Debido a que la enfermedad normalmente no afecta el área foliar, y no la afectó en nuestro estudio, la acumulación de aceite en los frutos no fue afectada por la IE. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que el número de semillas fue la variable que afectó al contenido de aceite. Los valores de contenido de aceite de este estudio fueron bajos debido a que el híbrido es de bajo potencial de acumulación de aceite. También la siembra tardía del ensayo pudo haber causado una disminución en la acumulación de aceite en los frutos (Unger y Thompson, 1982).



S:	$y = 39.51 - 0.013 \cdot x$	$R^2=0.64$	CV=0.78
S+E:	$y = 38.58 + 0.14 \cdot x - 0.002 \cdot x^2$	$R^2=0.93$	CV=2.41
S+OI:	$y = 39.39 - 0.02x$	$R^2=0.39$	CV=3.03

* coeficiente de regresión distinto de cero ($P < 0.05$)

FIGURA 2. Influencia de la pudrición húmeda del capítulo de girasol sobre el contenido de aceite. Cada regresión corresponde a una composición específica de producto cosechado: semillas (S), semillas y otras impurezas (S+OI), y semillas y esclerocios (S+E). La incidencia de enfermedad se expresa como el porcentaje de capítulos enfermos con respecto al número total de capítulos por unidad experimental. El contenido de aceite se expresa como porcentaje con respecto al peso del producto cosechado por unidad experimental. Los valores son promedios de tres repeticiones de muestras de 20 g de producto cosechado.

Acidez del aceite

La presencia de esclerocios en el producto cosechado fue la causa principal del aumento de la acidez del aceite. Con 100% de IE la acidez del aceite de muestras de S+E fue 53% mayor a la acidez de muestras compuestas sólo por semillas (Figura 3). Se estableció una regresión cuadrática altamente significativa entre la acidez del aceite de las muestras

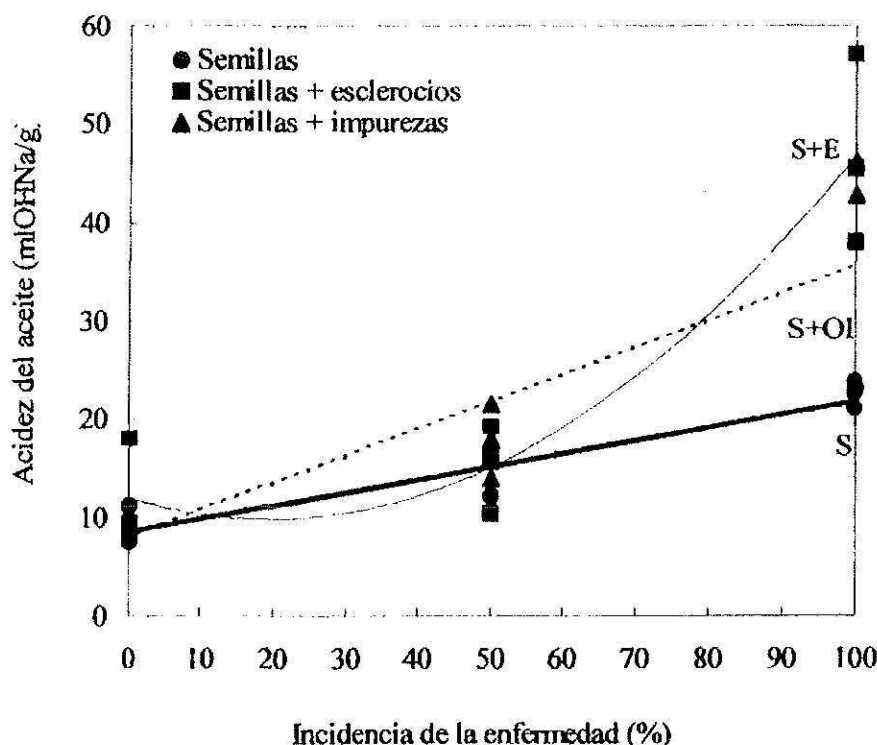
CUADRO 1.—Contenido y acidez de aceite de muestras compuestas por semillas y esclerocios (S + E), y semillas, esclerocios y otras impurezas (S + E + OI), para tres niveles de incidencia de enfermedad (%). El contenido de aceite se expresa como porcentaje con respecto al peso de la muestra. La acidez del aceite se expresa en mililitros de hidróxido de sodio necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en un gramo de aceite. Letras iguales indican que no se detectó diferencia significativa entre la composición de muestra dentro de cada nivel de IE ($P < 0.05$).

Incidencia de la enfermedad %	Contenido de aceite			Acidez del aceite		
	0	50	100	0	50	100
S+E	38 a	39 a	27 a	12 a	15 a	47 a
S+E+OI	39 a	39 a	32 a	11 a	14 a	54 a
CV	1.4	1.2	10.5	35.3	21.3	28.0

de S+E y la incidencia de la enfermedad, que explicó el 91% de la variación total (Figura 3). Con bajos niveles de IE la acidez del aceite de las muestras de S+E fueron similares a la acidez de las muestras compuestas sólo por semillas. Sin embargo, a mayor nivel de enfermedad, los modelos seleccionados tomaron pendientes muy distintas (Figura 3). Se establecieron regresiones lineales simples entre la IE y la acidez del aceite de las muestras de S y S+OI (Figura 3). La acidez del aceite de muestras de S fue la más baja de este estudio, aunque aumentó significativamente entre 0 y 100% de IE (Figura 3). Este resultado sugiere que la enfermedad ocasiona alguna alteración en el metabolismo de síntesis del aceite en los frutos. Con 50% y 100% de IE, la acidez del aceite de muestras de S+OI fue significativamente mayor a la acidez de muestras de S. No se detectaron diferencias significativas entre la acidez del aceite de muestras compuestas por S+E y S+E+OI, en ninguno de los niveles de IE evaluados (Cuadro 1), lo cual confirma que los esclerocios provocan el aumento más importante en la acidez del aceite de estas muestras, resultado que coincide con el de Sala et al. (1996).

Los valores de índice de acidez del aceite obtenidos en este ensayo fueron muy elevados comparados a los reportados (Conte et al., 1939) y a los aceptados para industrialización (Pereyra y Valetti, 1993). Aunque se detectó efecto de la IE y de las impurezas sobre la acidez del aceite, posiblemente otra de las causas para los elevados valores de acidez encontrados es el envejecimiento de las semillas (Hasanah, 1988) durante el almacenamiento, desde la cosecha hasta su procesamiento.

Sclerotinia sclerotiorum no sólo causa un daño directo en la producción de girasol, como es la pérdida de rendimiento de grano, sino que además disminuye la producción de aceite y deteriora su calidad.



S:	$y = 8.52 + 0.17*x$	$R^2=0.86$	CV=11.6
S+E:	$y = 12.08 - 0.16^{**}x + 0.005^{**}x^2$	$R^2=0.91$	CV=27.4
S+OI:	$y = 7.59 + 0.39x$	$R^2=0.64$	CV=32.1

** coeficiente de regresión distinto de cero (P<0.01)
* coeficiente de regresión distinto de cero (P<0.05)

FIGURA 3. Influencia de la pudrición húmeda del capítulo de girasol sobre la acidez del aceite. Cada regresión corresponde a una composición específica del producto cosechado: semillas (S), semillas y otras impurezas (S+OI), y semillas y esclerocios (S+E). La incidencia de la enfermedad se expresa en porcentaje de plantas enfermas con respecto al número de plantas por parcela. La acidez del aceite se expresa en mililitros de hidróxido de sodio necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en un gramo de aceite. Los datos son el promedio de tres repeticiones de muestras de 1 g de aceite.

LITERATURA CITADA

- Aguirrezábal, L. A. N., G. Orioli, L. Hernández, V. R. Pereyra y J. P. Miravé, 1996. Girasol. Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. Unidad Integrada Balcarce. 127 p.
- Alonso, C. L., 1988. Enfermedades y daños de herbicidas en el cultivo de girasol, Ed. Koipesol, Madrid, 159 p.
- AOAC, 1980. Índice de ácidos grasos libres. Norma 28029. p 441.
- Conte, L., A. Zazzerini y L. Tosi, 1989. Changes in composition of sunflower oil extracted from achenes of *Sclerotium bataticola* infected plants. *J. Agric. Food Chem.* 37(1):36-38.
- Gulya, T. J., B. A. Vick y B. D. Nelson, 1989. Sclerotinia head rot of sunflower in North Dakota: 1986 incidence, effect on yield and oil components, and sources of resistance. *Plant Disease* 73:504-507.

- Hasanah-M., 1988. Influence of storage conditions on sunflower seed quality. *Industrial-crops-research-journal*. 1:1, 1-10.
- Iram, 1982. Semillas oleaginosas: Método de determinación de aceite. Norma 5562. 9 p.
- Jauch, C., 1975. Podredumbre blanda de las hortalizas por *Sclerotinia sclerotiorum*. En: Sarasola, A. A. y M. A. Roca de Sarasola, 1975. Fitopatología. Curso Moderno. Tomo II. Micosis. pp. 221-225.
- Lumsden, R. D., 1976. Pectolytic enzymes of *Sclerotinia sclerotiorum* and their localization in infected bean. *Can. J. Bot.* 54:2630-2641.
- Lumsden, R. D., 1979. Histology and physiology of pathogenesis in plant diseases caused by *Sclerotinia* species. *Phytopathology* 69 (8):890-896.
- Pereyra, V. R. y M. E. Bazzalo, 1988. Podredumbre del capítulo de girasol. Jornada de actualización técnica para profesionales. Balcarce 5-8.
- Pereyra, V. R. y A. R. Escande, 1994. Enfermedades de girasol en la Argentina. Manual de reconocimiento. INTA. Unidad Integrada Balcarce. 113 p.
- Pereyra, V. R. y O. E. Valetti, 1993. Producción de girasol. Manual para productores del sudeste bonaerense. INTA. Unidad Integrada Balcarce. 125 p.
- Purdy, L. H., 1979. *Sclerotinia sclerotiorum*: history, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. *Phytopathology* 69: 875-880.
- Sala, C. A., A. N. Vázquez, A. B. Romano y S. Piubello, 1996. Yield losses in sunflower (*Helianthus annuus* L.) due to head rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum* (lib.) de Bary. *Helia* 19, 25:95-104.
- SAS Institute, Inc., 1988. SAS procedures guide for personal computers. Release 6.03 Edition. Cary, NC. 553 pp.
- Says-Lesage, V. y V. Tourvielle, 1988. Recherche des sites de pollution et d'infection des fleurons de tournesol, in situ, par les spores de *Sclerotinia sclerotiorum*. *Informations techniques Cetiom* 102-1:3-13.
- Unger, P. W. y T. E. Thompson, 1982. Planting date effects on sunflower head and seed development. *Agron. J.* 74:389-395.
- Zimmer D. E. y D. C. Zimmerman, 1972. Influence of some diseases on achene and oil quality of sunflower. *Crop Science*. 12:859-861.