

Tamaño óptimo de parcela e incidencia de la podredumbre blanca del capítulo del girasol en el sudeste bonaerense

Dinon, M. Anabella¹; Santiago Delgado¹; Fernando Castaño^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Agrarias -UNMDP, Unidad Integrada Balcarce, RN 226, Km 73,500, CC 276, 7620 Balcarce, Argentina; ²castanio.fernando@inta.gob.ar

Dinon, M. Anabella, Delgado, Santiago G., Castaño, Fernando (2019) Tamaño óptimo de parcela e incidencia de la podredumbre blanca de capítulos de girasol en el sudeste bonaerense. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (1): 43-50.

Para conocer el tamaño de parcela que permita medir con eficiencia la incidencia de la Podredumbre blanca del capítulo-PBC de girasol (*Helianthus annuus* L.) se evaluó, en Balcarce, un par de híbridos en ensayos de uniformidad durante 2016 y 2017. Todos los capítulos de cada ensayo se inocularon con *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Durante el primer año y para cada híbrido, se delinearón 165 parcelas mínimas, de un surco de 2m x 0,70m (=1,4m²). Mientras que en el segundo, la cantidad fue de 150. En cada una de esas parcelas básicas se registró la incidencia de PBC. Luego se generaron ocho tamaños más, combinando las parcelas mínimas adyacentes en distintos arreglos. El tamaño óptimo se señaló detectando el punto de máxima curvatura en gráficos que relacionaron el coeficiente de variación y los nueve tamaños de parcelas considerados. El análisis de varianza combinado sólo detectó efectos significativos de híbridos (H), años (A) y HxA sobre la incidencia de PBC. Los resultados obtenidos no permitieron señalar un único tamaño de parcela, dado que el óptimo dependió del nivel de resistencia del híbrido y del año de experimento. Así durante 2017, año más favorable a la enfermedad, el tamaño óptimo de parcela para los dos híbridos, resultó inferior que el señalado en 2016. Bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento, el uso de parcelas de mayor superficie al señalado, no provocaría un incremento significativo en la fiabilidad de medición de la INC, por unidad de recursos utilizados.

Palabras clave: mejoramiento genético, resistencia a enfermedades, *Sclerotinia*, asignación de recursos, ensayos de uniformidad.

Dinon, M. Anabella, Delgado, Santiago G., Castaño, Fernando (2019) Optimal plot size and white rot incidence of sunflower evaluated in the southeastern of Buenos Aires Province. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (1): 43-50.

In Balcarce, AR, the white rot incidence by *Sclerotinia sclerotiorum* was evaluated in two sunflower F1 cultivars grown in uniformity trials during 2016 and 2017. At first year there were 165 minimum plots of 2m long and 0.7m wide (i.e. 1.4m²) with around seven plants each, by hybrid. In the second year, minimum plots reached 150. All capitula were inoculated with pathogen ascospores and white rot incidence was scored at each minimum plot. Adjacent minimum plots were combined to generate other plots with larger surfaces. The optimal size was detected by using the maximum curvature method in graphs where the coefficient of variation (%) was drawn in function of plot sizes. Combined analysis of variance detected significant effects of hybrids (H), years (Y) and HxY interaction on disease incidence. Results did not allow indicating a unique plot size, given that the optimum depended on the level of resistance of hybrid as well as the year of the experiment was made. During 2017, the most favorable one for white rot disease appearance, the optimum size was lower than in 2016 for both hybrids. Under our experimental conditions, the use of larger plots than the optimum detected herein would not cause a significant increase in the reliability of the disease incidence scoring per unit of resources employed.

Key words: breeding, resistance to diseases, *Sclerotinia*, allocation of resources, uniformity trials.

<https://doi.org/10.24215/16699513e005>

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 22/05/2018

Aceptado: 26/02/2019

Disponible on line: 01/07/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

En la Argentina, el sudeste de la provincia de Buenos Aires es la principal región donde se produce girasol (*Helianthus annuus* L.). Debido a sus características ambientales, los cultivares utilizados en dicha región deben poseer, además de alto rendimiento en granos y en aceite, una moderada resistencia a la Podredumbre blanca de los capítulos (PBC) provocada por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (Castaño, 2017).

La resistencia del girasol a la PBC es de tipo horizontal y con herencia cuantitativa (Castaño et al., 2001; Godoy et al., 2012) por lo que, en los planes de mejoramiento, la selección de híbridos debe efectuarse en el campo y repetirse en más de un ambiente. Para la evaluación del comportamiento frente a la PBC, Castaño & Giussani (2009) propusieron considerar distintos componentes de resistencia parcial. Entre ellos se destaca la resistencia que los tejidos de la planta ofrecen a la penetración del patógeno, la que puede valorarse cuantificando la incidencia (INC) de la enfermedad. La INC es una variable relativamente sencilla de medir en el campo por lo que, consecuentemente, es utilizada por la Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Girasol (Troglia et al., 2016), pero también por los criaderos de semillas dedicados al desarrollo de nuevos cultivares. Desafortunadamente, la evaluación de la resistencia a la PBC en el campo insume una cantidad no despreciable de recursos (i.e. material vegetal, lotes de experimentación, tiempo, horas hombre trabajadas, etc.), cuyos costos se transfieren, luego, al precio de venta de las semillas. Es por eso que el desarrollo de conocimientos que favorezcan al uso más eficiente de los recursos, que tendería a morigerar los costos de experimentación, resulta de gran interés.

La INC se estima a partir del cociente entre el número de capítulos con síntomas de PBC, respecto del total de capítulos inoculados por parcela o unidad experimental (Tourville & Vear, 1984). Se sabe que a una densidad de siembra semejante, una parcela de mayor dimensión contendrá más plantas que una más chica, por lo que requerirá el empleo de más recursos. En consecuencia conocer el tamaño de la parcela útil e indirectamente la cantidad de plantas/parcela, resulta fundamental en la medición de, en este caso, la INC. Federer (1955) indicó que al emplear parcelas grandes, el valor de variabilidad entre las unidades experimentales es, en general, menor que aquél obtenido entre parcelas pequeñas, por lo que habrá un mayor grado de precisión en la valoración del atributo. Esto se debe a que, en las parcelas de mayor tamaño, la desuniformidad o heterogeneidad promedio del suelo, como así también la variabilidad entre plantas, se encuentra mejor representada que en las más pequeñas. En contrapartida, el uso de parcelas de mayor superficie que lo necesario resultará en el empleo de más recursos que podrían llegar a evitarse mediante el uso de tamaños menores.

El desarrollo de estrategias que permitan incrementar la eficiencia con que se distinguen los cultivares por su nivel de resistencia a la PBC, adquieren relevancia (Castaño, 2017). Por tanto, investigar sobre el tamaño óptimo de parcela, es decir cuál es la superficie mínima de la parcela experimental para evaluar la INC a un

nivel de precisión dada, resulta entonces de sumo interés. Lo anterior conducirá a conocer y adoptar la dimensión que genera la menor variabilidad relativa entre las unidades experimentales, por cantidad de elementos disponibles y utilizados.

Varias metodologías exhibe la literatura en pos de determinar el tamaño más adecuado de las parcelas experimentales (Federer, 1955; Le Clerg et al., 1962; Saste & Sananze, 2015). Entre ellas se destaca, por su sencillez, la conocida como “de la máxima curvatura”. En dicho método, los coeficientes de variación porcentuales (CV%) estimados para cada uno de los tamaños de parcela evaluados, se grafican en un plano en función de las superficies parcelarias. Así, al proyectar el punto de máxima curvatura hacia el eje de las abscisas, podrá detectarse un valor que señalará el tamaño de parcela sugerido como óptimo. En dicho tamaño la variabilidad entre parcelas, para el comportamiento del atributo sometido a investigación, será considerado como la más conveniente. En efecto, el considerar parcelas más pequeñas provocaría que el error experimental se incremente más que proporcionalmente. Mientras que si fueran más grandes, la reducción de dicha proporcionalidad sería menor. En concordancia con Le Clerg et al. (1962), el diseño de unidades experimentales más grandes que lo necesario es desventajoso en el empleo de recursos.

En la Unidad Integrada Balcarce (UIB) el grupo de mejoramiento de girasol empleó el método de la máxima curvatura a fin de conocer el tamaño más adecuado de parcela para evaluar, durante un año, un híbrido de girasol por el rendimiento en granos y en materia grasa (Castaño et al., 1985). No obstante, la bibliografía no muestra ninguna investigación respecto de la dimensión de parcela más conveniente para valorar el comportamiento del girasol frente a la PBC. Por ello, el objetivo principal de este trabajo fue determinar el tamaño óptimo de parcela para evaluar la INC de la PBC en un par de híbridos de girasol, a partir de ensayos realizados durante dos años en Balcarce. El efecto del ambiente y de la interacción híbrido x ambiente (HxA) sobre el tamaño óptimo fue también valorado.

METODOLOGÍA

Material vegetal

Se utilizaron dos cultivares de girasol: Cauquén, híbrido de tres líneas del criadero “El Cencerro”, y ACA 885, híbrido simple del criadero “Asociación de Cooperativas Argentinas” (INASE, 2013). Ambos fueron seleccionados por su nivel de INC a la PBC según la evaluación efectuada por la Red Nacional de Evaluación de Cultivares en la localidad de Balcarce entre 1998 y 2013 (Quiróz & Troglia, 2013). Es así como Cauquén fue descrito como moderadamente resistente y ACA 885 fue caracterizado como moderadamente susceptible en la mayoría de las evaluaciones llevadas a cabo.

Diseño de los experimentos y caracterización ambiental

Durante los ciclos estivales 2015/16 y 2016/17 ambos cultivares se evaluaron en la Unidad Integrada

Balcarce, siguiendo un ensayo de uniformidad llevado a cabo en el mismo lote de ensayos y con un manejo agronómico semejante las dos temporadas. En el primer año, de cada híbrido se sembraron 15 surcos, separados a 0,7m, de 22m de longitud. En el segundo, fueron también 15 los surcos para cada cultivar, pero de 20m de largo. Lo anterior, permitió delimitar 165 y 150 parcelas mínimas de cada híbrido, para el primer y segundo año respectivamente, todas de 0,7m x 2m y con unas siete plantas en promedio.

Todas las plantas de cada ensayo de uniformidad fueron inoculadas, durante el mes de febrero los dos años, mediante el asperjado de una suspensión acuosa con unas 2500 ascosporas de *S. sclerotiorum* sobre cada uno de sus capítulos al estadio R5.3 (Schneider & Miller, 1981) (=F3:2, Cetiom, 1992). Se realizaron riegos periódicos por aspersión, a fin de asegurar el éxito de la infección. En concordancia con la Red Nacional de Evaluación de Cultivares, los capítulos, luego de inoculados, se cubrieron con sobres de papel tipo Kraft durante 14 días. En cada parcela mínima, la INC de PBC se registró a los 21 días posteriores de haber quitado los sobres de papel (es decir, a los 35 días de la inoculación).

Variables meteorológicas como la humedad relativa y temperatura medias diarias, así como las precipitaciones acumuladas, durante las dos temporadas en que se realizaron los ensayos de uniformidad, se caracterizaron a partir de datos de la Estación Agrometeorológica Balcarce (INTA, 2017) (Tabla 1).

Generación de parcelas de tamaños diferentes

La combinación de parcelas mínimas adyacentes

generó un determinado número de parcelas de mayor superficie y formas distintas. La cantidad de ellas, tenidas en cuenta cada año, se detalla en la Tabla 2.

Análisis de los experimentos y determinación del tamaño óptimo de parcela

Para cada tamaño y forma de parcelas se obtuvo la media y el desvío estándar de INC. Mediante un análisis de la varianza combinado (ANOVA), se valoraron los efectos correspondientes a híbridos, años y tamaños de parcela, así como las interacciones entre estos factores. Se ajustó el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + (\tau\alpha)_{ij} + (\tau\beta)_{ik} + (\alpha\beta)_{jk} + (\tau\alpha\beta)_{ijk} + e_{ijkl} \quad (1)$$

Siendo:

$i = 1,2$; $j = 1,2$; $k = 1, \dots, 9$; $l = 1, \dots, n_{ijk}$, n_{ijk} = correspondientes a los valores considerados en la Tabla 1 para cada combinación año y tamaño; Y_{ijkl} : INC correspondiente al i -ésimo híbrido en la l -ésima parcela del k -ésimo tamaño dentro del j -ésimo año; μ : media general de INC; τ_i : efecto del i -ésimo híbrido; α_j : efecto del j -ésimo año; β_k : efecto del k -ésimo tamaño; $(\tau\alpha)_{ij}$: efecto de la interacción asociada a la combinación entre el i -ésimo híbrido y el j -ésimo año; $(\tau\beta)_{ik}$: efecto de la interacción asociada a la combinación entre el i -ésimo híbrido y el k -ésimo tamaño; $(\alpha\beta)_{jk}$: efecto de la interacción asociada a la combinación entre el j -ésimo año y el k -ésimo tamaño; $(\tau\alpha\beta)_{ijk}$: efecto de la interacción asociada a la combinación entre el i -ésimo híbrido, el j -ésimo año y el k -ésimo tamaño; e_{ijkl} : error aleatorio correspondiente a la $ijkl$ -ésima observación de la INC, iid $N(0, \sigma^2)$.

Tabla 1. Promedio de temperaturas medias y de humedad relativa diarias, y precipitaciones acumuladas ocurridas durante los ensayos de uniformidad y los valores históricos entre 1971-2017 (INTA, 2017).

Temperaturas medias (°C)				
Período	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
2015/16	21,5	22,2	22,4	18,4
2016/17	22,5	22,4	21,9	18,6
1971-2017	19,1	20,8	20,0	18,1

Humedad relativa (%)				
Período	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
2015/16	60,5	63,4	72,3	72,0
2016/17	53,0	56,9	78,4	77,2
1971-2017	71,5	71,0	74,8	78,0

Precipitaciones (mm)				
Período	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
2015/16	10,5	77,6	136,9	52,5
2016/17	43,8	98,7	82,8	87,7
1971-2017	90,0	89,7	81,9	94,0

Tabla 2. Cantidad de parcelas (N°) obtenidas mediante la combinación de parcelas mínimas adyacentes para cada tamaño (m²) y forma (m x m), por año de evaluación. *El primer valor se refiere al ancho y el segundo a la longitud de la parcela considerada.

Tamaño	Forma*	2016 2017	
		N°	N°
1,4	0,7 x 2	165	150
2,8	0,7 x 4	75	75
	1,4 x 2	77	70
4,2	0,7 x 6	45	45
	2,1 x 2	44	50
5,6	0,7 x 8	30	30
	1,4 x 4	35	35
7	2,8 x 2	33	30
	0,7 x 10	30	30
8,4	3,5 x 2	22	30
	0,7 x 12	15	15
	1,4 x 6	21	21
	2,1 x 4	25	25
9,8	4,2 x 2	22	20
	0,7 x 14	15	15
	4,9 x 2	22	20
11,2	0,7 x 16	15	15
	1,4 x 8	14	14
	2,8 x 4	15	15
	5,6 x 2	11	10
12,6	0,7 x 18	15	15
	2,1 x 6	15	15
	6,3 x 2	11	10

Se empleó el programa estadístico R (R Core Team, 2015), a fin de realizar los cálculos, gráficos y análisis necesarios. A partir de la media y desvío estándar de la INC para cada tamaño y forma de parcelas, se calcularon los coeficientes de variación (%) como el cociente entre el desvío estándar y la media, multiplicado por 100 (CV%). Luego, se graficaron los CV% en función de cada tamaño y se obtuvo la curva que mejor ajustaba los puntos obtenidos, para cada híbrido y año. El tamaño óptimo de parcela se determinó a partir de la localización visual de la región de máxima curvatura. En dicho punto, la variabilidad relativa del atributo cuantificado se incrementa ante la disminución de la superficie parcelaria considerada. Mientras que luego de él, no se aprecia una alteración significativa de la variabilidad en presencia de parcelas más grandes.

RESULTADOS

Análisis de la PBC en cultivares de girasol evaluados en ensayos de uniformidad

Hubo efectos significativos ($p < 0,01$) del año (A), híbrido (H) e interacción HxA sobre la INC. Por el contrario, no los hubo para el tamaño ni para su interacción con las otras fuentes de variación (Tabla 3).

La INC media cuantificada en 2017 (94,5%) superó significativamente a la de 2016 (75,5%). La interacción HxA significativa detectada se debió a que, por un lado, Cauquén mostró en 2016 una INC media= 77%, mientras que ACA 885, tuvo un valor inferior (74%). Y, en 2017, el ranking de los híbridos se invirtió, dado que los valores de INC media fueron 90% (Cauquén) y 99% (ACA 885).

Determinación del tamaño óptimo de parcela

La Figura 1 muestra, a continuación, dos gráficos de dispersión en los que, en la ordenada, se ubicaron los valores de los CV%, mientras que en la abscisa se pusieron los correspondientes a los distintos tamaños de parcela obtenidos para cada híbrido y año de evaluación. En ambos gráficos, se emplearon las mismas escalas en los ejes a fin de facilitar la comparación entre híbridos.

Los gráficos resultaron en curvas de tipo J invertida, también conocidos como curva de pendiente negativa (Figura 1). En todos los casos los CV% decrecieron al considerar parcelas de mayor superficie. En cada gráfico se señalaron los puntos de máxima curvatura respectivos, los cuales representan a los tamaños óptimos de parcelas. Dichos valores se muestran en la Tabla 4.

Los valores de tamaños óptimos fluctuaron entre 2,8 m², para los dos híbridos durante 2017, y 5,6 m², para el híbrido Cauquén evaluado en 2016.

DISCUSIÓN

La PBC es una enfermedad conformada por etapas cuyo inicio es en floración y su fin es en la madurez de la planta de girasol (Castaño & Giussani, 2009). Dichas etapas pueden valorarse mediante componentes de la resistencia parcial, siendo la INC la variable que describe el nivel de resistencia del capítulo en la etapa inicial del ciclo. En nuestro trabajo, la INC media cuantificada en el año 2017 superó significativamente ($p < 0,01$) a la de 2016 (Tabla 3). Si tenemos en cuenta que los híbridos evaluados en los dos ensayos de uniformidad eran idénticos, y que dichos ensayos se llevaron a cabo en el mismo lote experimental durante 2016 y 2017, puede sugerirse que las diferencias entre años se deben principalmente a las condiciones meteorológicas durante los dos ensayos. El efecto de dichas condiciones sobre la evaluación de la PBC fue también señalado en trabajos de investigación previos realizados en el Grupo de Mejoramiento de Girasol de la UIB (Delgado, 2016; Dinon, 2017).

Tabla 3. Análisis de varianza combinado de híbridos de girasol evaluados por su incidencia de PBC durante dos años en Balcarce.

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	p-valor
Años (A)	1	28,0	28,0	4410,0	<2e ⁻¹⁶
Híbridos (H)	1	0,6	0,6	90,1	<2e ⁻¹⁶
Tamaños (T)	8	<0,01	<0,01	0,1	0,99
HxA	1	3,0	3,0	459,2	<2e ⁻¹⁶
AxT	8	<0,01	<0,01	<0,1	1
HxT	8	<0,01	<0,01	0,1	0,99
AxHxT	8	<0,01	<0,01	<0,1	1
Error	3062	19,4	<0,01		

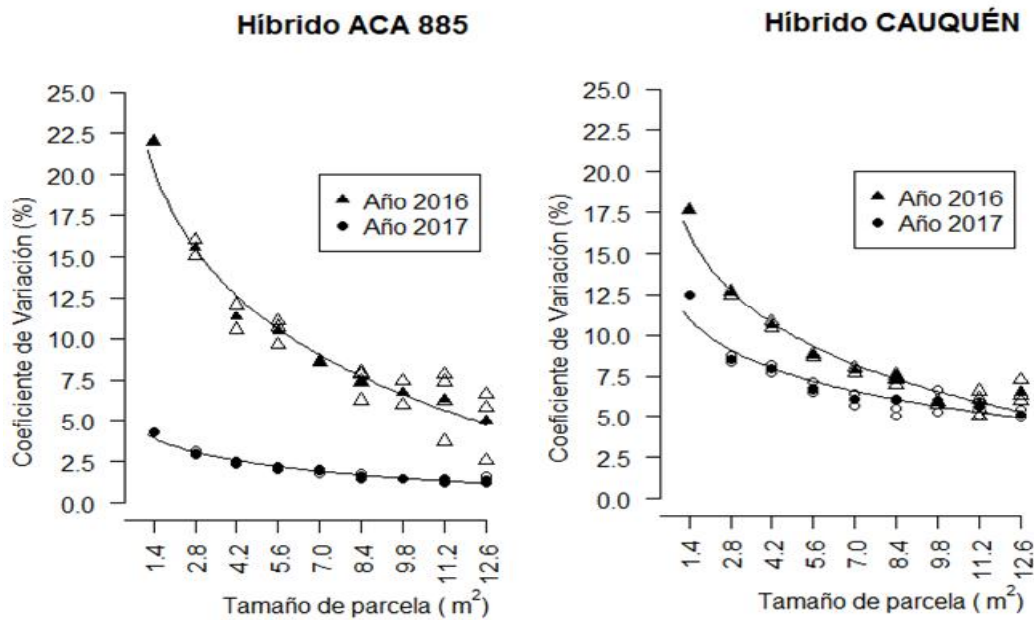


Figura 1. Coeficientes de variación (CV%) en función de los tamaños de parcela para ACA 885 (izquierda) y Cauquén (derecha), evaluados en 2016 (triángulos) y 2017 (circunferencias). Las figuras geométricas vacías representan el resultado para cada forma/tamaño, mientras que las llenas indican los promedios de las distintas formas en cada tamaño.

Tabla 4. Tamaños óptimos de parcela (m²) obtenidos para cada híbrido y año de evaluación.

Año	Híbridos	
	Cauquén	ACA 885
2016	5,6	4,2
2017	2,8	2,8

Así, temperaturas algo más frescas y una humedad relativa más elevada durante febrero de 2017, respecto de las ocurridas en el mismo mes pero de 2016, habrían colaborado para que el segundo año de experimentación fuera más propicio para la enfermedad. Esto se comprueba por los casi 20 puntos

porcentuales de diferencia de la INC media estimada en 2017, por sobre la de 2016. La relación directa entre la humedad relativa y la INC de PBC había ya sido sugerida por Moschini *et al.* (2002), luego de evaluar medio centenar de híbridos de girasol durante

las epifitias naturales de 1988 y 1998 ocurridas en el sudeste y sudoeste bonaerense, respectivamente. Los nueve tamaños de parcela considerados mostraron valores promedios de INC semejantes. En las distintas superficies parcelarias, tampoco se modificó la INC relativa observada, al tener en cuenta el híbrido valorado y/o el año de ensayo (Tabla 3). A pesar de la alteración significativa ($p < 0,01$) del ranking de los híbridos según el año de evaluación, el comportamiento promedio esperable de los mismos no cambió, dado que Cauquén (INC=83,5%) tuvo un mayor, aunque leve, nivel de resistencia promedio que ACA 885 (INC=86,5%).

Si bien, como se dijo, los nueve tamaños no mostraron diferencias entre sus INC medias, el grado de dispersión de los valores de dicha variable fue heterogéneo y dependió de la superficie parcelaria. En concordancia con Federer (1955), la variabilidad de respuestas se redujo a razón del aumento del tamaño de la parcela.

La INC es el resultado de una proporción que toma de referencia al número 100, por lo que los valores se reparten entre éste último y el 0%. En el presente trabajo, los híbridos y años con INC medias más elevadas presentaron una desviación estándar más baja, lo cual redujo consecuentemente el valor del CV%. Es así como durante 2016, el año menos favorable para la enfermedad, los CV% promedios tuvieron un rango de 17% para ACA 885 y de 11,7% para Cauquén. Mientras que, en 2017, la diferencia entre los CV% máximo y mínimo fue de 3% (ACA 885) y de 7,8% (Cauquén), es decir bastante menor que los del año precedente (Figura 1). Las condiciones menos predisponentes para la PBC condujeron, consecuentemente, a una presión relativa más baja de la enfermedad en 2016. Así la mayor variabilidad de respuestas, en ese año, se relacionó a las diferencias de los genotipos que gobiernan el nivel de resistencia en cada híbrido.

El método utilizado para señalar el tamaño óptimo de parcela, del cual nuestro Grupo tenía experiencia (Castaño *et al.*, 1985), resultó satisfactorio. En efecto, mediante una simple inspección visual de los gráficos se pudo localizar la región donde se encontraba la máxima curvatura. Así en tres, de las cuatro curvas, fue posible señalar sin dificultad dicha región. Justamente, en las dos generadas por el híbrido Cauquén, pero así también en la de ACA 885 en 2016, se observaron curvas que decrecieron en sus inicios con relativa brusquedad, hasta llegar al punto de máxima curvatura. Luego, ellas disminuyeron mucho menos abruptamente. De acuerdo a Álvarez *et al.* (1986), lo anterior es el resultado que en forma corriente ofrecen los ensayos de uniformidad llevados a cabo para determinar el tamaño adecuado de parcela. En cambio, para el híbrido ACA 885 evaluado durante 2017, la ubicación de dicha región fue menos sencilla que en los tres casos anteriores debido a que la curvatura fue menos pronunciada. Esto se debió a que, para este híbrido y año particular, los valores de INC promedio en los nueve tamaños de parcela fueron muy altos, cercanos a 100 %. Consecuentemente, los CV% fueron bajos y las disminuciones de la variabilidad fueron mínimas al incrementar el tamaño de las unidades experimentales. A partir del punto detectado para ese híbrido y año, la

representación gráfica de los CV% hacia mayores tamaños de parcela se convirtió en una línea casi paralela al eje de las "x".

El empleo de dos híbridos y otros tantos años de experimentación, así como el efecto de la interacción entre ambos factores, dificultó el señalamiento de un único tamaño de parcela. Para el favorable año 2017, el tamaño óptimo para ambos híbridos fue de 2,8m² (Tabla 4, Figura 1), con unas 14 plantas resultantes de la combinación de dos parcelas mínimas. Para 2016, los tamaños fueron mayores. Así para ACA 885 la superficie fue de 4,2 m², con unas 21 plantas, las que se originaron por la combinación de tres parcelas mínimas. En tanto que, para Cauquén el tamaño detectado fue de 5,6 m², compuesto por cuatro parcelas mínimas y unas 28 plantas (Tabla 4, Figura 1). Los tamaños señalados bajo nuestras condiciones son, para una misma densidad de siembra, menores que la superficie útil de parcela (7m²) empleada en la Red Nacional de Cultivares de Girasol para evaluar la PBC (C. Troglia, com. pers.).

Debe mencionarse que, en nuestro caso, los tamaños óptimos mencionados podrían estar condicionados a la heterogeneidad edáfica. Se sabe que los ensayos de uniformidad realizados en suelos homogéneos tienden a dar tamaños óptimos de parcela más pequeños que en suelos heterogéneos (Federer, 1955). En nuestro trabajo no se estimó el coeficiente de heterogeneidad (Smith, 1938) que hubiera aportado información sobre aquella desuniformidad. No obstante, como se mencionó más arriba, los ensayos se llevaron a cabo en el mismo lote de terreno los dos años de experimentación. Dado que en dicho lote el suelo es profundo (> 7m) y con una capacidad de uso de tipo I (M. Calandroni, com. pers.) se supone, por tanto, que la característica edáfica no afectó los resultados obtenidos. Si tal heterogeneidad existiera el empleo de parcelas más anchas que largas, con su eje mayor coincidente con la dirección de la variación del suelo, colaboraría a la precisión de las estimaciones (Banzatto & Kronka, 2011), en nuestro caso la INC de la PBC. Aunque el uso de dicha forma de parcela, en acuerdo a Saste & Sananze (2015) podría no tener efecto sobre la variabilidad entre parcelas de tamaño relativamente pequeño como el señalado en nuestro trabajo.

Como se vio, los resultados se obtuvieron considerando un método, de sencilla aplicación, que involucró la máxima curvatura. Es menester remarcar que, en acuerdo con Federer (1955), el empleo de dicha metodología arrastraría un cierto grado de error en el resultado obtenido. Lo anterior, debido a, por ejemplo, la subjetividad y la escala utilizada en los ejes del plano donde se distribuyeron gráficamente los CV% en función de los tamaños de parcela.

La aplicación de métodos alternativos no habría incrementado la precisión de detección del tamaño óptimo, respecto de los recursos empleados. En efecto, si se utilizaran parcelas más pequeñas, por ende de menor costo relativo que las señaladas en este trabajo, los resultados conllevarían consecuentemente a un error experimental más elevado. Lo anterior, coincide con Lohmor *et al.* (2017) quienes discutieron el tamaño de parcela para evaluar distintos atributos agronómicos del girasol en la India. Mientras que el uso de parcelas de mayor envergadura ocasionaría el diseño de

bloques experimentales más grandes y, consecuentemente, de gastos que podrían llegar a no ser armónicos con el aumento en la confiabilidad en las estimaciones de la INC, por un potencial incremento de la variabilidad dentro del bloque. Es decir, se dilapidarían recursos que pueden ser asignados a otros objetivos del programa de mejora.

Es de hacer notar que la disminución del error experimental, cuantificado a través de su estimador el CV%, ayuda a incrementar la probabilidad de detectar diferencias entre tratamientos, si estas realmente existen (Pimentel Gomes, 2009). Según este autor brasileño, un alto grado de confiabilidad en las estimaciones se logra con valores de $CV < 10\%$. En nuestro trabajo, dichos valores de variabilidad coincidieron con los tamaños de parcela de 2,8 m² y 5,6 m², señalados para todos los casos, salvo para el ACA 885 en 2016. Para éste, el tamaño de 4,2 m² habría proporcionado una buena, aunque menor, precisión de evaluación de la INC que en los tres anteriores ($11 \leq CV\% < 15$) (Figura 1). Bajo nuestras condiciones experimentales, el grado de fiabilidad con que la INC ha sido valorada no se incrementó significativamente ante la decisión de diseñar parcelas más grandes, es decir empleando mayor cantidad de recursos. Además de acceder a mediciones precisas, el empleo del tamaño adecuado permitirá maximizar la eficiencia de uso de los mismos en el programa de Mejoramiento de Girasol de la UIB por su nivel de resistencia a la PBC.

CONCLUSIONES

El tamaño óptimo de parcela se relacionó indirectamente con el porcentaje de INC obtenido. Durante 2017, año que propició la enfermedad, y en el híbrido de menor nivel de resistencia (ACA 885), se registraron altos promedios de INC y bajos desvíos estándar y CV% entre parcelas. Consecuentemente, los cambios al incrementar la superficie parcelaria en ese híbrido-año fueron también pequeños. Así, el tamaño óptimo para ambos híbridos en 2017 (2,8m²) resultó inferior al detectado durante 2016 para Cauquén (5,6m²) y ACA 885 (4,2m²).

Agradecimientos

Los autores agradecen a los Grupos de Mejoramiento de Girasol y de Fitopatología de la Unidad Integrada Balcarce, por su colaboración en los ensayos en el campo. Este trabajo fue financiado por el Proyecto AGR 498/16, de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), así como por la EEA Balcarce-INTA. La primera autora es becaria de la UNMdP.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, R., M. Soto & H. Gómez. 1986. Tamaño de parcela y número de repeticiones para estimar una población de *Spodoptera frugiperda* (Smith) y su daño en maíz. Revista Facultad Nacional de Agronomía 39: 6-16.

- Banzatto, D. & S. Kronka. 2011. Experimentação Agrícola. 3ª Imprensa, 4ª Ed. Funep, Jaboticabal. 237 pp.
- Castaño, F. 2017. The sunflower crop in Argentina: past, present and potential future. OCL. DOI: 10.1051/ocl/2017043.
- Castaño, F. & A. Giussani. 2009. Effectiveness of components of partial resistance in assessing white rot of sunflower head. Helia 32: 59-68.
- Castaño, F., J. Kesteloot, I. Colombo & J. Stinziani. 1985. Estimación del tamaño óptimo de parcela en un híbrido de girasol (*Helianthus annuus* L.). Actas de la 11ª Conferencia Internacional de Girasol. Mar del Plata, Argentina. pp. 775-780.
- Castaño, F., M. Colabelli, R. Rodríguez & J. Ré. 2001. Variabilidad genética de la severidad de la Podredumbre blanca de los capítulos en girasol. Journal of Basic and Applied Genetics 16: 109.
- Cetiom. 1992. La culture du tournesol. Stades repérées. París. 32 pp.
- Delgado, S. 2016. Asignación óptima de recursos en la evaluación de las respuestas a las infecciones asistidas de *Sclerotinia sclerotiorum* en capítulos de híbridos de girasol. M. Sc. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina, 81 pp.
- Dinon, A. 2017. Estabilidad de híbridos de girasol evaluados en Balcarce por su resistencia parcial a la Podredumbre blanca de capítulos. M. Sc. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina, 133 pp.
- Federer, W. 1955. Experimental design. Theory and application. The McMillan Company, New York. 544 pp.
- Godoy, M., F. Castaño, J. Ré & R. Rodríguez. 2012. *Sclerotinia* resistance in sunflower. II. Combining ability and midparent heterosis for reaction to ascospore infections at flowering. Euphytica 188: 299-307.
- INASE. 2013. Catálogo nacional de cultivares del Instituto Nacional de Semillas. Disponible en: <http://www.inase.gov.ar>. Último acceso: abril de 2017.
- INTA. 2017. Registro de datos agrometeorológicos. EEA Balcarce. Disponible en: <http://sig2.inta.gov.ar/en/datoshistoricos/>. Último acceso: diciembre de 2017.
- Le Clerg, E., W. Leonard & A. Clark. 1962. Field plot technique. 2º Ed., Burgess Publishing Co., Minneapolis. 373 pp.
- Lohmor, N., M. Khan, K. Kapoor & S. Bishnoi. 2017. Estimation of optimum plot size and shape from a uniformity trial for field experiment with sunflower (*Helianthus annuus*) crop in soil of Hisar. International Journal of Plant & Soil Science 15: 1-5.
- Moschini, R., A. Escande, V. Pereyra, V. Pedraza, F. Quiroz, C. Troglia & L. Iriarte. 2002. Predicción de la incidencia de la Podredumbre blanda del capítulo de girasol basada en factores ambientales y genéticos. Revista Argentina de Agrometeorología 2: 51-57.
- Pimentel Gomes, F. 2009. Curso de estadística experimental. 15º ed., Esalq, Piracicaba. 451 pp.
- Quiroz, F. & C. Troglia. 2013. Análisis combinado de experimentos de Inoculación asistida con ascosporas de *Sclerotinia sclerotiorum*. Red Nacional de Cultivares de girasol 2012-2013. Localidad Balcarce. Disponible en: <https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp->

inta_red_nacional_de_cultivares_de_girasol_2012-13_ba.pdf. Último acceso: diciembre de 2017.

R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Saste, S. & S. Sananze. 2015. Soil Heterogeneity to Determine Size and Shape of Plots: A Review. Disponible en: <http://rspublication.com/ijst/2015/oct15/19.pdf>. Último acceso: marzo de 2018.

Schneider, A. & J. Miller. 1981. Description of sunflower growth stages. Crop Science 21: 901-903.

Smith, F. 1938. An empirical law describing heterogeneity in the yield of agriculture crops. Journal of Agricultural Science 28: 1-23.

Tourvieille, D. & F. Vear. 1984. Comparaison des méthodes d'estimation de la résistance du tournesol à *Sclerotinia sclerotiorum*. Agronomie 4: 517-525.

Troglia, C., F. Quiroz & S. Giuliano. 2016. Red nacional de evaluación de cultivares. Campaña 2015-16, Zona Sur, Localidad Balcarce, primera y segunda época. Disponible en: <http://www.asagir.org.ar/asagir2008/evaluacion-de-cultivares.asp>. Último acceso: marzo de 2018.