ITEA (1997), Vol. 93V N.º 1, 23-32

EVALUACIÓN DE MODELOS PREDICTIVOS DE PÉRDIDAS CAUSADAS POR AVENA LOCA (*Avena sterilis* L. *subsp. ludoviciana* (Durieu) Nyman y *A. fatua* L.) EN EL CULTIVO DEL TRIGO EN ARAGÓN

J. Aibar
C. Zaragoza*

Escuela Universitaria Politécnica de Huesca
Ctra. Zaragoza, km 67. 22071 Huesca

* Servicio de Investigación Agraria
Diputación General de Aragón
Apartado 727. 50080 Zaragoza

RESUMEN

Dada la gravedad de los daños causados por la avena loca (*Avena sterilis* L. subsp. *ludoviciana* (Durieu) Nyman y *A. fatua* L.) en Aragón, se han evaluado los principales modelos de predicción de pérdidas, debidas a la competencia entre trigo y avena loca en regadío. Los datos proceden de un ensayo realizado durante 7 años consecutivos. Los modelos que mejor se han adaptado a estas condiciones son los de tipo logístico, aunque otros, más sencillos, también se comportan bien en determinados intervalos de infestación. En este trabajo se comentan las ventajas y desventajas de su uso y su eficacia al reflejar el fenómeno de la competencia con distintas densidades de avena loca.

Palabras clave: Modelos, Competencia, Malas hierbas, Cereales, Interferencia.

SUMMARY
EVALUATION OF WILD OAT YIELD LOSS PREDICTION MODELS

Due to the importance of wild oat (*Avena sterilis* L. subsp. *ludoviciana* (Durieu) Nyman y *A. fatua* L.) damage in Aragon (NorthEastern Spain) the main yield loss prediction models has been evaluated on irrigated wheat crops. Data were taken from a seven years trial field. Logistic models were best adapted to these conditions while simple models predicted satisfactorily only in particular infestation levels. The models efficacy showing the competition at different wild oats densities and other advantages or drawbacks are described on this paper.

Key words: Models, Interference, Competition, Cereals, Weeds.

Introducción

Las avenas locas son unas de las gramíneas arvenses que mayores pérdidas económicas ocasionan en los cultivos cerealistas de Aragón, al igual que en el resto de España (García Baudin, 1992). El problema se acentúa en las zonas de regadío, con ciertas restricciones de agua en la época estival, lo que suele impedir una adecuada rotación con cultivos de verano, y en las zonas de secano subhúmedo, con una adecuada precipitación, en las que se cultiva cereal de invierno año tras año.

La superficie destinada al cultivo del trigo en 1992 en Aragón fue de 252.000 ha con una producción de 420.000 t valoradas en más de 12.000 millones de pesetas, lo cual representó el 5,7% de la PFA aragonesa (DAGM, 1992). De esta superficie el grupo de las avenas locas (*Avena sterilis* L. subsp. *ludoviciana* Dur (Nym) y *Avena fatua* L.) infestó más de 30.000 has, lo que supone más del 12% de la superficie dedicada a trigo, ocasionando unas pérdidas estimadas en más de 18.000 t de este cereal. (AIBAR, 1990).

Una vez constatados los daños por competencia con el cultivo causados por la avena loca, a los que habría que añadir la inversión realizada en tratamientos herbicidas, es necesario establecer un nexo de unión entre esta realidad y la que plantea la agricultura extensiva en estos momentos, con graves problemas económicos debidos a la aplicación de la PAC.

El uso de herbicidas, como método más rápido y eficaz de control de la avena loca, es preciso enmarcarlo dentro del concepto de empleo racional de productos fitosanitarios, en el que además de tener en cuenta el momento de la aplicación (COSTA, 1990) es necesario considerar la rentabilidad de esta, para lo cual resulta útil el empleo de umbrales económicos de tratamiento (COUSENS *et al.*, 1985).

El empleo de umbrales en la lucha contra las malas hierbas ha sido ampliamente comentado por AULD y TISDELL (1986), CUSSANS *et al.* (1986 y 1990); MARTÍN y PANELL (1990), y STREIBIG *et al.* (1990). Con ellos se pretende ayudar al agricultor a la toma de decisiones respecto a la forma y medios a emplear en el control de malas hierbas.

La estimación de estos umbrales ha sido contemplada desde dos puntos de vista, uno mecanicista, que intenta modelizar todo el proceso de crecimiento de la planta cultivada, incluido el posible efecto depresor ocasionado por la competencia con las malas hierbas (KROPFF, 1988; LOTZ *et al.*, 1990) y otro más sencillo, de tipo determinista, que intenta describir el proceso de competencia en función de un reducido número de variables (COUSENS *et al.*, 1985).

En la actualidad, con los datos disponibles, la aplicación de modelos de pérdidas sencillos con un reducido número de variables, tiene cierta aplicación práctica para la posterior estimación de umbrales de tratamiento (COUSENS, 1987; STREIBIG *et al.*, 1990).

Las referencias de modelos que relacionan la densidad de las malas hierbas con las pérdidas de rendimiento son muy abundantes en la bibliografía. Así, COUSENS (1985a) recoge 18 modelos distintos, sin incluir los más sencillos, de forma lineal, propuestos por otros autores (MADEIRA *et al.*, 1984; SKORDA *et al.*, 1985).

Los modelos en los que, además de la densidad de avena loca, se incluye la del cereal, son también muy numerosos (COUSENS, 1985b), estudiándose en el presente trabajo los propuestos por CARLSON *et al.* (1981, 1985).

A pesar de la abundancia de modelos empíricos propuestos, rara vez se han comparado todos ellos, y aún menos para condiciones españolas, siendo necesario validar los más favorables en distintas áreas geográficas para conseguir un modelo general de competencia entre el rendimiento de trigo de invierno y la densidad de avena loca (GONZÁLEZ ANDÚJAR *et al.*, 1993).

En este trabajo se han contrastado, con datos de campo, en condiciones de regadío y para varias campañas, algunos de los prin-

cipales modelos de tipo determinista, contemplando únicamente las variables de pérdidas de producción y densidad de avena loca, empleando para su estudio las técnicas de regresión.

Se ha descrito el comportamiento, desde el punto de vista matemático de cada uno de los modelos, justificando la aproximación a lo que ocure en la realidad en cada caso, tras lo cual se comprueba la bondad y el posible uso, en las condiciones del ensayo, para el cálculo de umbrales económicos de tratamiento, de algunos de los modelos estudiados.

Material y métodos

Los ensayos se realizaron en la finca de la Escuela de Capacitación Agraria de Movera (Zaragoza), sobre un suelo franco arcilloso de pH 7,8 , con un contenido en M.O. del 1,5% y en un campo en régimen de regadío. La parcela estaba infestada por avena loca con una mezcla del 80% de *Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* y 20% de *Avena fatua*. La densidad de esta infestación era elevada y homogénea dentro de la parcela de ensayo.

El ensayo se realizó durante 7 años consecutivos, en las campañas de 1980 a 1987, empleando como cultivo la variedad de trigo blando "Astral", sembrado en la primera quincena de noviembre a una dosis de 150 kg/ha. El número de riegos fue muy variable de un año a otro, dependiendo del régimen de precipitaciones, siendo la práctica más habitual efectuar dos riegos, uno la segunda quincena de enero y otro en la primera de abril. El abonado fue similar para todos los años, con un aporte de fondo de 380 kg/ha de 8-24-8 y una aplicación en cobertera de 220 kg/ha de nitrato amónico con una riqueza del 33,5%.

Con el fin de obtener una relación entre la producción y la densidad de infestación por avena loca, se recurrió al estudio de la competencia, basado en la modificación de las poblaciones naturales (POOLE y GILL, 1987; FERNÁNDEZ QUINTANILLA y GONZÁLEZ ANDÚJAR, 1988), para lo cual se procedió a la aplicación de herbicidas selectivos para el cereal, y con diverso grado de eficacia frente a la avena loca lo cual, unido a parcelas no tratadas, proporcionó una gran diversidad en cuanto a la densidad de avena loca. El método elegido para realizar el estudio de las relaciones entre cosecha y densidad de malas hierbas ha sido el de técnicas de regresión.

El diseño experimental, similar en todos los años, fue en bloques al azar, con 4 repeticiones y bandas testigo adyacentes, siendo la superficie de las parcelas de 30 (2 x 15) m^2. Todos los tratamientos herbicidas se realizaron con el cereal entre 3 hojas e inicio de ahijado (estado 13-20 de Zadocks), excepto los tratamientos con isoflamprop que se aplicaron con el cultivo en estado 30 (inicio del encañado). Para estimar la densidad de avena loca se procedió a la tirada al azar, en cada parcela, de dos aros de 0,1 m^2, contando el número de panículas existentes. En el caso de las parcelas no tratadas, únicamente se realizó la tirada de un aro. En los años 1985-86 y 1986-87 se realizó el conteo de panículas de avena loca y espigas de trigo de forma simultánea.

A finales de junio se procedió a la recolección individualizada de cada una de las parcelas mediante una microcosechadora de 1,2 m de corte, pesando la producción en una balanza digital con una precisión de +/- 20 g, con lo cual se disponían de parejas de

datos de densidad de infestación y producción de cada una de las parcelas.

Para disminuir la dispersión de los datos y hacer más comparables los resultados de cada año se empleó, como variable dependiente, el porcentaje de pérdidas de rendimiento, tomando como 0% de pérdidas a la parcela con mayor producción cada año.

Los distintos modelos que se han evaluado se muestran en el cuadro 1. Para el análisis se recurrió al empleo del programa estadístico NCSS (HINTZE, 1990), el cual permite el ajuste de las distintas nubes de puntos a todo tipo de curvas. La comparación sobre la bondad de los ajustes en los modelos evaluados se realizó mediante el empleo de la suma de los cuadrados medios (SCM) obtenida para cada uno de ellos.

Resultados

La densidad media de infestación por avena loca en la parcela experimental se mostró constante año tras año, entre 230 plantas/m^2 en la campaña 86-87 y 290 plantas/m^2 en la 82-83.

El número de campañas en los que se realizó el trabajo fue de siete para los modelos 1 al 5, mientras que para los modelos 6 y 7, que tenían en cuenta la densidad de la

CUADRO 1
MODELOS EVALUADOS

MODEL EVALUATED

• Modelo • *Model*	• Función • *Function*	• Referencia • *Reference*
•		
• 1	• $Y = a + bX$	• MADEIRA *et al.*, 1984
• 2	• $Y = a + b\sqrt{X}$	• DEW, 1972
• 3	• $Y = a \exp(bX)$	• POOLE y GILL, 1987
• 4	• $Y = aX^b$	• MARRA y CARLSON, 1983
• 5	• $Y = bX/(1 + b/a)X$	• COUSENS *et al.*, 1985
• 6(*)	• $Y = a + bX + c\ X^2$	• CARLSON *et al.*, 1981
• 7 (*)	• $Y = a - b\sqrt{X}$	• CARLSON *et al.*, 1985

Siendo X la densidad de infestación expresada en panículas por metro cuadrado e Y el porcentaje de pérdidas previsto.
(*) En estos modelos *X* reprsenta la densidad relativa de avena loca frente a la densidad total de plantas (de avena loca y trigo), expresada en panículas por metro cuadrado dividido por panículas por metro cuadrado más espigas de trigo por metro cuadrado.

Being X The density of infestation expressed in panicles for square meter and Y the percentage of losses.
(*) In these models X represent the comparative density of wild oat opposite the total density of plants (of wild oat and wheat), expressed in panicles for meter square divided for panicles of wild oat more spikes of wheat for square meter.

avena loca y la del cereal sólo se estudiaron dos campañas.

En el cuadro 2 se exponen los valores de los parámetros de cada modelo: Campaña, número de puntos tomados, parámetros del modelo (en todos ellos dos) y suma de cuadrados medios como indicador de la bondad del ajuste.

El número de parcelas que se consideró cada campaña osciló entre las 47 de la campaña 1983-1984 y las 28 en 1986-1987. Los parámetros obtenidos para cada modelo en los distintos años muestran bastante variabilidad, en especial la bondad del ajuste, expresada por el valor de la SCM. La campaña 1981-1982 se mostró como aquella en que los ajuste fueron peores para todos los modelos ensyados.

En la figura 1 se expresa, gráficamente, el comportamiento del modelo 5 en cada campaña estudiada pudiendo observarse que para densidades inferiores a 20 panículas por metro cuadrado prácticamente coinciden las previsiones de pérdidas en todas las campañas, a partir de 40 panículas/m2 comienza a aparecer mayores diferencias en esas predicciones de pérdidas.

Discusión

El intento de reflejar mediante técnicas estadísticas una realidad tan compleja como es el fenómeno de competencia entre el cultivo y las malas hierbas, tiene una serie de limitaciones que nace de las hipótesis de partida que es necesario asumir.

Las primeras hipótesis tienen su origen en la metodología empleada en estos ensayos para la obtención de los datos que han permitido contrastar los distintos modelos. Dado que se ha partido de poblaciones naturales de avena loca modificadas por medio de herbicidas, es preciso asumir que dichos herbicidas no han tenido efectos fitotóxicos sobre el cultivo. Mediante visitas periódicas a los ensayos se constató la ausencia de síntomas.

Al haber realizado las aplicaciones en postemergencia del cultivo, el fenómeno de competencia ya había comenzado (HEEMST, 1985), lo que fue una de las causas del porcentaje de error que arrastran estos modelos, especialmente con infestaciones bajas.

Las parcelas de toma de datos estaban únicamente infestadas con avena loca y es preciso asumir que tanto ésta como el cereal tenían las mismas oportunidades para obtener la luz, el agua y los nutrientes.

Las variables escogidas, dentro de los factores que afectan a la competencia, son las que han condicionado la predicción de pérdidas de rendimiento. Sin embargo, el modelo óptimo sería aquel que recogiera: la densidad de la avena loca, la duración de la competencia, el tiempo de emergencia de la avena loca respecto al cereal y la fecha en que éste emergió, además de los factores climáticos y edáficos que afectan a la avena loca y al cereal conjuntamente. Pero la complejidad de incluir todas estas variables conduce a simplificaciones que, a su vez, necesitarán ampliar la base de hipótesis de partida.

Los modelos más sencillos y de una aplicación práctica más evidente, en el cálculo de umbrales de tratamiento, son los que incluyen como variables la densidad de avena loca y las pérdidas en porcentaje ocasionadas por la competencia, asumiendo simultaneidad de emergencia entre la avena loca y el cereal (ALDRICH, 1987).

CUADRO 2

CAMPAÑA DEL ENSAYO, NÚMERO DE PARCELAS ELEMENTALES ESTUDIADAS, VALORES DE LOS PARÁMETROS (A, B, C) Y SUMA DE CUADRADOS MEDIOS (SCM) OBTENIDOS EN EL AJUSTE DE CADA MODELO

TRIAL SEASON, NUMBER OF PLOTS STUDIED, PARAMETER VALUES (A, B, C) AND MEAN SQUARE (SCM) OBTAINED ON EACH MODEL FITNESS

		MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3			MODELO 4			MODELO 5		
Años	Número parcelas	a	b	SCM	a	b	SCM	a	b (x 0,001)	SCM	a	b	SCM	a	b	SCM
80-81	33	5,81	0,59	20,1	-8,9	6,5	41,5	13,0	-17	47,1	1,82	0,77	33,7	178	0,95	36,8
81-82	41	12,5	0,36	70,3	4,9	5,2	54,4	20,2	-7	13,1	7,72	0,43	57,2	84,2	2,2	102
82-83	42	11,8	0,17	26,6	4,9	3,7	24,1	13,7	-6,1	37,3	5,46	0,38	26,2	43,3	1,6	36,7
83-84	47	7,0	0,50	25,7	-0,7	4,4	23,4	11,6	-18	39,9	3,58	0,55	22,9	53,3	1,5	25,2
84-85	30	26,8	0,11	42,8	11,7	2,7	33,3	30,8	-2,1	51,5	7,93	0,35	32,1	67,3	1,08	38,8
85-86	29	28,2	0,19	51,1	8,4	4,3	32,2	33,5	-3,3	72,3	8,02	0,41	30,9	96,5	1,41	42,2
86-87	28	18,4	0,11	52,4	5,5	2,7	33,5	23,3	-2,6	73,2	5,3	0,40	32,3	66,6	0,75	40,6

		MODELO 6				MODELO 7		
Años	Numero parcelas	a	b	c	SCM	a	b	SCM
85-86	29	21,05	171,8	-121,4	41,5	9,3	-92,7	38,3
86-87	28	10,9	110,3	-67,9	34,1	2,8	64,0	52,1

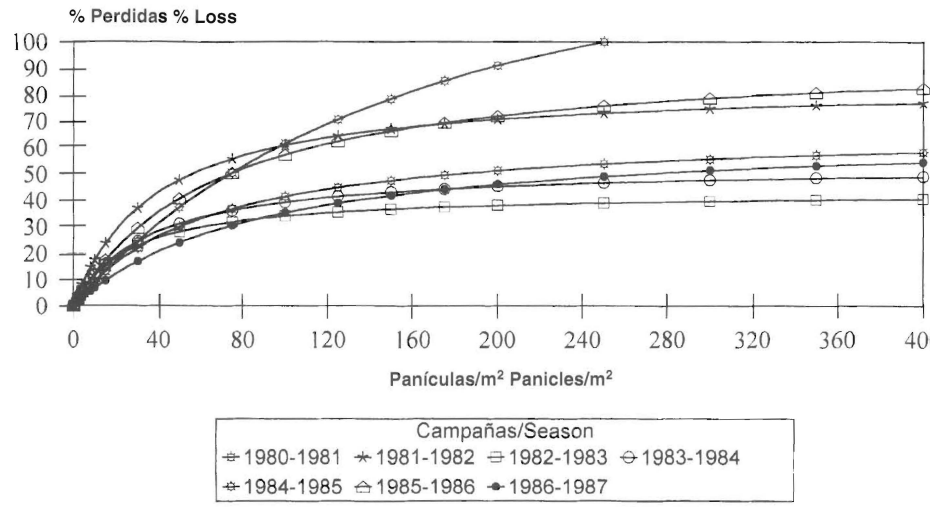


Figura 1. Comportamiento del modelo y=bX(1+(b/a)X)
Behaviour of the model

Tanto el empleo de ecuaciones de tipo lineal (modelo 1), incluyendo como variables la densidad de avena y el rendimiento de cereal (gramos/m^2) (MADEIRA *et al.*, 1984); o bien los rendimientos de ambos (SKORDA y EFTHIMIADIS, 1985), como el de ecuaciones linealizables como el modelo 2 (DEW, 1972, HAMMAN, 1979) que incluye densidad de avena loca y porcentaje de disminución de rendimiento, han sido ampliamente utilizados debido a su sencillez, con resultados aceptables en condiciones españolas, (SAAVEDRA *et al.*, 1990).

Pero ambos tipos de modelos presentan graves deficiencias desde el punto de vista agronómico, ya que para densidades nulas de infestación aparecen descensos en la producción, es decir no pasan por el origen, por lo que para densidades muy bajas de infestación siempre presentarán una sobrevaloración de daños (entre el 5 y 28% en el caso del *modelo 1* y entre -8,9 y 11,7% en el caso del *modelo 2*). Sin embargo, y en especial el modelo 2, para densidades medias de infestación 10-30 panículas/m^2 resulta una predicción de daños muy aceptable, lo cual unido a su facilidad de manejo, ha hecho que hasta hace algunos años fuera el más usado (GÓMEZ FERNÁNDEZ-MONTES e IBAÑEZ, 1980).

Pero ambos modelos proporcionan una sobrevaloración de daños para elevadas densidades de infestación, apartándose totalmente de la realidad (FERNÁNDEZ QUINTANILLA y GONZÁLEZ ANDUJAR, 1988). Así, en el caso del *modelo 1* en el año 80-81, a partir de 160 panículas/m^2 las pérdidas predichas suponen más del 100%, problema también mostrado por SAAVEDRA *et al.* (1990). En el caso del modelo 2 también se produjo este fenómeno, a partir de 1240 panículas/m^2, en el año 82-23, si bien esta densidad o superiores pueden carecer de realidad práctica.

El *modelo 3,* de tipo exponencial, se ha empleado para evaluar la competencia cereal-*Bromus* spp. (POOLE y GILL, 1987). Para valores de densidades de infestación próximos a 0 el error estimado es, en ocasiones, elevado, destacando un 33,5% de pérdidas

en la campaña 85-86 para esta densidad. Para densidades elevadas también se aparta de la realidad al sobrevalorar los daños. Así, en el año 80-81 a partir de una densidad fácilmente alcanzable, de 120 panículas/m^2, las pérdidas sobrepasan el 100%. Por otro lado, este modelo presenta una suma de cuadrados medios (SCM) muy elevada en comparación con los demás.

El empleo de modelos parabólicos (*modelo 4*) fue propuesto por MARRA y CARLSON, (1983) para el cálculo de umbrales económicos de malas hierbas en soja. Para densidades bajas, ofrece errores aceptables, inferiores al 10%. En densidades elevadas se aparta de la realidad al sobrepasar el 100% de pérdidas (año 80-81, a partir de 180 panículas/m^2). Sin embargo, en los demás años estudiados, las densidades en que supera el 100% de pérdidas comienzan a rozar límites de posibilidad de existencia.

En la actualidad, y habiéndose descartado el empleo de modelos de tipo sigmoidal por su alejamiento del fenómeno real de competencia (ALDRICH, 1987), los modelos de tipo hiperbólico son los más aceptables (GONZÁLEZ ANDÚJAR *et al.*, 1993), ya que tienen un comportamiento más acorde con la realidad (FERNÁNDEZ QUINTANILLA y GONZÁLEZ ANDÚJAR, 1988) especialmente con densidades elevadas de infestación.

El *modelo 5,* propuesto por COUSENS *et al.*, en 1985, y confrontado con otros modelos por el mismo autor y por GONZÁLEZ ANDÚJAR *et al.*, en 1993, presenta la ventaja de su paso por el origen, con lo que disminuyen los errores estimados para bajas densidades de infestación, y por otra parte, presenta ajustes adecuados, traducidos en SCM bajos, excepto en el año 81-82. Para infestaciones elevadas, al ser un modelo hiperbólico, se mantiene asintótico, con lo que se asegura que no se sobreestimarán los daños. Es un modelo que describe bien la competencia , en especial a bajas infestaciones, pero tiene grandes variaciones entre años si las infestaciones son muy altas (Figura 1).

Uno de los principales factores que afectan al proceso de competencia es la densidad del cereal, de aquí que la inclusión de esta variable en los modelos de predicción de pérdidas, además de proporcionar buenos ajustes desde el punto de vista estadístico, proporciona un mayor acercamiento a la realidad.

La introducción de la variable "densidad del cereal" se realizó al definir como variable independiente la "densidad relativa de avena loca" (DR) que es el cociente entre la densidad de avena loca y la suma de la densidad de cereal y avena loca. Los modelos evaluados (6 y 7) con la inclusión de esta variable son derivados de los estudiados por CARLSON *et al.*, en 1981 y CARLSON y HILL en 1985.

Con el *modelo 6,* polinómico de grado 2, y con los datos disponibles en los dos ensayos, se obtienen buenos ajustes. Sin embargo, para valores nulos de densidad de avena loca, las pérdidas estimadas, que deberían ser nulas, son muy elevadas (21% en el año 85-86 y 11% en el 86-87). Por el contrario, cuando la densidad de avena loca es muy alta, densidad relativa próxima a 1, las pérdidas están infravaloradas, ya que en esas condiciones deberían ser próximas al 100%, al no existir plantas de cereal, y según las estimaciones se sitúan en el 53% en el año 86-87 y 71% en el 85-86.

El *modelo 7,* que incluye el término de la variable independiente elevada a 1/2 se ha comportado bien, con SCM relativamente bajos y similares en todos los casos. En este caso, a pesar de no ser modelo asintótico, tiene un límite para valores de densidad relativa igual a 1 (sólamente habría avena

loca). Sin embargo, en estas condiciones, en que los rendimientos deberían de ser nulos, se prevén cosechas de hasta el 33% (campaña 1986-1987). Es decir, se produce una infravaloración de daños a densidades de infestación elevadas, ocurriendo el fenómeno inverso que con el modelo que empleaba únicamente la densidad de avena loca (modelo 2), en el que a densidades elevadas se sobrevaloraban las pérdidas. El error, cuando la densidad de avena loca tiende a cero, está comprendido entre el 2,8% (en el año 86-87) y 9,3% (en la campaña 85-86).

Conclusiones

La predicción de daños, empleando modelos matemáticos, con pocos parámetros, puede ser una herramienta sencilla y eficaz para el establecimiento de umbrales económicos de tratamientos, si bien es preciso validar dichos modelos sobre un número suficiente de ensayos y, especialmente, de años. A la vista de los datos experimentales presentados en este trabajo, se comprueba que la dispersión de los mismos debida a causas ajenas a la competencia puede afectar gravemente a la predicción realizada y a la bondad de los ajustes.

En ocasiones, como la presente, los datos experimentales de varios años no se pueden manejar de forma conjunta ya que carecen de la homogeneidad necesaria, a pesar de haberse obtenido de forma idéntica, con lo cual un modelo que pudiera comportarse bien un año, en otra campaña no resulta aceptable, lo cual complica la obtención de conclusiones extrapolables.

Dada la heterogeneidad que, a veces, presentan los datos, resulta imprescindible trabajar con porcentajes de producción o de pérdidas sobre la producción máxima teórica de cada año, que raramente coincide campaña a campaña ya que, si se trabaja con cosecha total, incluimos otra fuente de variación pues esta cosecha se mantiene pocas veces independiente del año climático.

En ocasiones se descartan modelos sencillos, con pocos parámetros, de fácil uso, y ajuste relativamente aceptable en algunos intervalos de infestación, aduciendo su poca adaptación matemática (por ejemplo, que no sean asintóticos) cuando la realidad biológica impide casi siempre acercarnos siquiera a ese valor asintótico.

Los modelos que han tenido un comportamiento más acorde con la realidad, en nuestros ensayos, han sido el 2 ($Y = a + b \sqrt{X}$) y el 5 ($Y = bX / (1 + (b/a) X)$, aunque existieron grandes variaciones entre años. La opción del modelo 5 como buen descriptor de la competencia entre trigo y avena loca en España ya ha sido puesta de manifiesto, en otras condiciones, por GONZÁLEZ ANDÚJAR *et al.* (1993), aunque su extrapolación en condiciones diferentes a las de los ensayos realizados hasta la fecha es problemática, debido al escaso número de éstos y a la diferente metodología empleada.

Bibliografía

AIBAR, J. 1990. Biología y control de la avena loca en Aragón. Colección INIA Tesis Doctorales nº 94. Madrid. 205 págs.

ALDRICH, R.J. 1987. Predicting crop yield reductions from weeds. Weed Technology, 1, 199-206.

AULD, B.R.; TISDELL, C.A. 1986. Economic threshold. Critical density models in weed control. En Proc. EWRS Symposium 1986. Economic Weed Control. Stuttgart. 261-268.

CARLSON, H.; HILL, J.; BAGHOTT; K. 1981. Wild oat competition in spring wheat. 33rd Annual California Weed Conference. Monterrey. California. Vol. 9, 13-24.

CARLSON, H.; HILL, J. 1985.Wild oat (A. fatua) competition spring wheat. Plant density effects. Weed Science 33 (2), 176-181.

COSTA, J. 1990. Agricultura sostenible. El Campo 117, 5-9.

COUSENS, R. 1985a. A simple model relating yield loss to weed density. Annals of Applied Biology. 107, 239-252.

COUSENS, R. 1985b. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and statistical comparison with other models. J. Agr. Sci. Cam. 105, 513-521.

COUSENS, R.; WILSON, B.J.; CUSSANS, G.W. 1985. To spray or not to spray: The teory behind the practice. Proceedings British Crop Protection Conference-Weeds. 671-678.

COUSENS, R. 1987. Theory and reality of weed control thresholdls, Plant Protection Quaterly. Vol 2 (1), 13-19.

CUSSANS, G.W.; COUSENS, R.D.; WILSON, B.J. 1986. Thresholds for Weed Control. The concepts and their interpretation. Proc. EWRS Symposium. 1986. Economic Weed Control. Stutgartt. 253-260.

CUSSANC, G.W.; ROLPH, J. 1990. Herbmast.- A herbicide selection system for winter wheat. Proc. EWRS Symposium. Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki. 451-455.

D.A.G.M. 1992. Anuario Estadístico de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. D.G.A. Zaragoza. 92 p.

DEW, D.A. 1972. An index of competition for estimating crop loss due to weeds. Can. J. Plant Sci. 52, 921-927.

FERNÁNDEZ QUINTANILLA, C.; GONZÁLEZ ANDÚJAR, J.L. 1988. Utilización del concepto de umbrales de decisión para el control de malas hierbas. ITEA 75, 57-69.

GARCÍA BAUDIN, J.M. 1992. Especies adventicias del género Avena en los cereales (trigo y cebada) españoles. Phytoma España. Fascículo 1. 32 páginas.

GÓMEZ FERNÁNDEZ-MONTES, A.J.; IBÁÑEZ, L. 1980. La avena loca en el cultivo cerealista. Hoja Divulgadora 17-18/80 MAPA. 24 p.

GONZÁLEZ ANDÚJAR, J.L.; FERNÁNDEZ QUINTANILLA, C.; TORNER, C. 1993. Competencia entre avena loca (Avena sterilis L.) y el trigo de invierno: Comparación de modelos empíricos. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 8 (3) 425-430.

HAMMAN, W.M. 1979. Field confirmation for an index for predicting yield loss of wheat and barley due to wild oat competition. Can. J. Plant Science, 59, 243-244.

HINTZE, J. 1990. Number Cruncher Statistical System. Kaysville. Utah. Ver. 1990.

KROPFF, M.J. 1988. Modelling the effects of weeds on crop production. Weed Research 28, 465-471.

LOTZ, L.A.P.; KROPFF, M.J.; GROENEVELD, R.M.W. 1990. Herbicide aplication in winter wheat. Experimental results on weed competition analysed with a mechanistic simulation model. Proc. EWRS Symposium, Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki. 247-253.

MADEIRA, J.; DORDIO, M.F.; MIRA, R.S.; LOPES, C. 1984. Population level and concurrence of wild oats (Avena sterilis subsp. sterilis) in fields in Portugal. Proc. EWRS 2rd Symp. on Weed Problems in the Mediterranean Area. 461-468.

MARRA, M.V.; CARLSON, C.A. 1983. An economic threshold model for weeds in soybeans (Glycine max). Weed Science, 31, 604-639.

MARTÍN, R.J.; PANNEL, D.J. 1990. A model for estimating the optimal economic rate of tralkoxidim for control of wild oats (Avena spp.) in wheat. Proc. EWRS Symposium 1990. Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki. 305-312.

POOLE, M.L.; GILL, G.S. 1987. The use of weed density-crop yield relationships for predicting yield loses in the field. Proc. 1987. British Crop Protection Conference-Weeds. 945-954.

SAAVEDRA, M.M.; JIMÉNEZ HIDALGO, M.J.; GARCÍA TORRES, L. 1990. Wild oats (Avena sterilis subsp. sterilis) and wheat (Triticum aestivum L.) competition in southern Spain: A methodological approach. Proc. EWRS Symposium. Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki. 231-238.

SKORDA, E.A.; EFTHIMIADIS, P.G. 1985. Effect of wheat seed rate on Avena ludoviciana competition. Proc. 1985 British Crop Protection Conference-Weeds. 709-714.

STREIBIG, J.C.; ADREASEN, C.; FREDSAHAVN, J. 1990. A computer programme for economic thresholds. Proc. EWRS Symposium 1990. Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki. 459-466.

(Aceptado para publicación el 10 de febrero de 1997)