

Banco de semillas de malezas a lo largo de un gradiente microtopográfico en un suelo agrícola de Azul (Buenos Aires)

EDUARDO REQUESENS^{1,✉}, MARÍA J MARTINEFSKY² & ROSA SCARAMUZZINO¹

1. Facultad de Agronomía, UNCPBA

2. Becaria de la CIC - Pcia. de Bs. As.

RESUMEN. La composición, el tamaño y la estructura comunitaria del banco de semillas de malezas fueron analizados a lo largo de un gradiente microtopográfico de 175 m con una pendiente de 12.5% localizado en un lote agrícola de Azul (Buenos Aires). Tres muestras de suelo fueron tomadas en ocho posiciones equidistantes sobre el gradiente. Las semillas de cada muestra fueron extraídas mediante lavado y tamizado, identificadas y contadas. El contenido de semillas aparentemente viables varió entre 19680-61280 semillas/m². Este último valor se obtuvo en el sector más bajo del gradiente y resultó significativamente superior al del resto de las posiciones. *Chenopodium album*, *Amaranthus quitensis* y *Digitaria sanguinalis* fueron las especies más abundantes. Las dos primeras presentaron una relación varianza-media de 17.28 y 15.80, respectivamente, indicando una tendencia a la agregación en el sector más bajo del gradiente. La riqueza de especies, la equitatividad y la diversidad específica no variaron significativamente a lo largo del gradiente, pero las dos últimas se correlacionaron negativamente con la densidad de semillas.

[Palabras clave: comunidad seminal, densidad de semillas, distribución espacial, estructura]

ABSTRACT. Weed seed bank along a micro-topographical gradient in an arable soil in Azul (Buenos Aires): Community composition, size and structure of the weed seed bank were analyzed along a micro-topographical gradient of 175-m length and 12.5% slope located in an agricultural field in Azul (Buenos Aires). Three soil samples were collected from each of eight equidistant positions upon the gradient. Seeds in samples were isolated through washing and screening, identified and counted. The number of apparently viable seeds along the gradient ranged 19680-61280 seeds/m². The latter value was recorded in the lowest position upon the gradient, and resulted significantly higher with respect to those from the remainder positions. *Chenopodium album*, *Amaranthus quitensis*, and *Digitaria sanguinalis* were the most abundant species in the seed bank. The spatial distribution pattern of the two first species showed a variance-mean ratio of 17.28 and 15.80, respectively, with a tendency to aggregation in the lowest position of the gradient. The changes in species richness, evenness, and specific diversity along the gradient were not significant, but the last two parameters showed a negatively significant correlation with seed density.

[Keywords: seed community, seed density, spatial distribution, structure]

INTRODUCCIÓN

En suelos agrícolas, en los cuales una amplia mayoría de las especies de malezas son anuales, el banco de semillas constituye la princi-

pal fuente para la renovación de las poblaciones de plantas que infestan los cultivos (Cavers & Benoit 1989). Durante los años '80, particularmente, se realizaron numerosos estudios para describir el tamaño, distribución y dinámica de las semillas en el suelo,

✉ Facultad de Agronomía, República de Italia 780, CC 47 (7300) Azul.
erequese@faa.unicen.edu.ar

Recibido: 13 de marzo de 2003; Fin de arbitraje: 3 de junio de 2003; Revisión recibida: 10 de febrero de 2004; Aceptado: 13 de febrero de 2004

originando importantes revisiones hacia el final de la década (Barralis & Chadoeuf 1987; Roberts & Chancellor 1988; Leck et al. 1989). A pesar de la relevancia de estos trabajos y de sus aplicaciones en la construcción de modelos de emergencia de plántulas y predicción de infestaciones (Ballaré et al. 1987; van Groenendael 1988), varios autores han planteado una serie de limitaciones de los estudios cuantitativos del banco de semillas de malezas vinculadas a cuestiones de muestreo (Benoit et al. 1989; Chauvel et al. 1989; Dessaint et al. 1991). El principal problema es la estimación imprecisa del número de semillas a medida que la distribución espacial se ajusta a patrones agregados. Las causas que originan este tipo de distribución pueden estar asociadas a los mecanismos de dispersión o a la heterogeneidad de factores ambientales y culturales (Matteucci & Colma 1982).

En el distrito de Azul, la mayor parte de la producción agrícola se concentra en las áreas intra y periserranas correspondientes al Sistema de Tandilia, donde el relieve combina geformas positivas y negativas generando gradientes topográficos pronunciados. En un trabajo previo se observaron diferencias en la densidad y en la riqueza de especies de semillas del banco entre sitios ubicados en distintas posiciones topográficas a lo largo de una transecta regional que abarcó diferentes campos y lotes de cultivo (Requesens et al. 1997). Al mismo tiempo, el análisis de la distribución espacial en el área de estudio mostró altos niveles de contagio o agregación, particularmente en las especies más abundantes (Requesens & Scaramuzzino 1999). Sin embargo, no fue posible explicar tales observaciones exclusivamente con relación a la topografía, dado que la probable aplicación de diferentes rotaciones y técnicas de cultivo condicionadas por las distintas geformas podían tener responsabilidad en las variaciones observadas. A fin de evaluar específicamente los efectos de la topografía, en este trabajo se analizan las variaciones en composición, tamaño y estructura comunitaria del banco de semillas a lo largo de un gradiente topográfico representativo de los ambientes que predominan en el área. Dicho gradiente está contenido íntegramente dentro de un lote sometido históricamente al mismo esquema productivo, permitiendo descartar la influencia de manejos diferenciales.

MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un lote agrícola del establecimiento Santa Rosa, ubicado en un sector periserrano del distrito de Azul (36°S; 60°O). Este último ocupa el área central de la provincia de Buenos Aires (centro-este de Argentina). La ciudad cabecera se encuentra en un área de llanura a 132 m.s.n.m. El clima de la región es templado húmedo con influencia oceánica; la temperatura promedio anual es de 13.9°C, siendo de 21.0°C en el mes más cálido y de 6.2°C en el mes más frío.

El muestreo de suelo fue realizado el 20 de octubre de 2000, inmediatamente antes de la siembra de maíz (*Zea mays*). Previamente, el lote había sido trabajado con labranza convencional, razón por la cual se encontraba libre de vegetación y de rastrojo en superficie al momento de efectuar el muestreo. Durante los 12 años anteriores, el lote había sido sometido a rotación de cultivos anuales, invernales y estivales, incluyendo un ciclo con pastura perenne entre 1993 y 1996. La secuencia completa durante el período previo al estudio fue la siguiente: girasol, maíz, alpiste, avena, pastura (cuatro años), maíz, trigo, maíz y soja. Dentro del lote fue seleccionada un área que presentaba un gradiente topográfico pronunciado para la zona, con una longitud de 175 m entre los puntos más alto y más bajo del gradiente y una pendiente continua sin cambios aparentes a lo largo del mismo. La pendiente, estimada con un nivel óptico taquimétrico, era de 12.5%. Consecuentemente, la diferencia de altitud entre los extremos del gradiente resultó ser de 21.87 m. El área seleccionada se encontraba a una distancia apreciable respecto a los alambrados perimetrales, evitándose efectos de borde o cabecera.

Dentro de los límites del gradiente se ubicaron ocho estaciones de muestreo equidistantes 25 m entre sí. La primera estación se ubicó en el sector más alto del gradiente, correspondiéndole la distancia de 0 m. Las restantes estaciones se ubicaron a 25, 50, 75, 100, 125, 150 y 175 m, respectivamente. La última posición correspondió al sector más bajo del gradiente. Considerando la magnitud y la aparente homogeneidad de la pendiente del sitio, la distancia seleccionada permitió esta-

blecer una diferencia de altitud entre estaciones de muestreo superior a los 3 m. En cada estación se obtuvieron tres muestras de suelo. Sobre una transecta perpendicular a la pendiente fueron delimitados tres rectángulos de 10 x 2 m, alineados en el sentido de su longitud y separados 15 m entre sí. En cada rectángulo se obtuvo una muestra de suelo compuesta por 10 extracciones con barreno de 35 mm de diámetro y 20 cm de profundidad. Los puntos de extracción fueron dispuestos en forma regular sobre los lados mayores del rectángulo, cinco de cada lado.

En el laboratorio, las muestras fueron secadas al aire obteniéndose un peso seco que osciló entre 1.5-2.0 kg. Una vez secas, las muestras fueron disgregadas y pasadas por un tamiz de 5 mm de malla, a fin de eliminar los restos orgánicos y piedras de mayor tamaño. Posteriormente, las muestras fueron homogeneizadas para separar una alícuota de 500 g destinada a la extracción de semillas. Para extraer las semillas de las muestras de suelo se utilizó un procedimiento similar a la técnica de flotación/tamizado modificada, aplicada por Barralis et al. (1986). Cada alícuota de suelo fue mezclada con agua para facilitar la disociación de los agregados. Esta suspensión fue volcada y lavada con agua de canilla a través de dos tamices con mallas de 2 mm y 0.25 mm, respectivamente. Los restos orgánicos contenidos en los tamices fueron transferidos a una placa de Petri con papel secante y secados al aire. Finalmente, con ayuda de una lupa, las semillas aparentemente viables fueron separadas, identificadas y contadas. Para definir la condición de "aparentemente viable" se utilizó como criterio el estado intacto de las semillas y la resistencia a la presión ejercida con una pinza (Ball & Miller 1990), utilizándose en este caso una pinza histológica de punta mediana. Para la identificación de las semillas se utilizaron muestras patrón del Laboratorio Regional de Cereales y Oleaginosas (Convenio ACA-Facultad de Agronomía de Azul) y varias guías botánicas, entre las que se destacan Hanf (1983), Alonso & Peretti (2000) y Bianco et al. (2000). Cabe aclarar que, en pruebas preliminares, la aplicación de técnicas con utilización de sustancias químicas dispersantes, como algunas modificaciones de la técnica de Malone (Ball & Miller 1989; Benoit et al. 1989), no mejoraron la efi-

ciencia de extracción de semillas obtenida con la técnica utilizada.

El 92.39% del total de semillas extraídas de las muestras de suelo, en promedio, pudieron ser identificadas botánicamente. Esta fracción del banco de semillas fue utilizada para la aplicación de los índices estructurales que se detallan más adelante. El restante 7.61% es reportado como "especies no identificadas" y fue considerado para el cómputo de la densidad total de semillas.

Los contenidos de semilla obtenidos en cada una de las tres muestras correspondientes a cada posición sobre el gradiente fueron transformados para ser expresados por metro cuadrado (semillas/m²) para un suelo con densidad aparente de 1.2. A tal fin, la cantidad de semillas contenidas en la alícuota de 500 g fue duplicada para estimar el contenido por kg de suelo, y el valor obtenido fue a su vez multiplicado por 240. Este último valor corresponde al peso en kg del volumen de 1 m² de suelo hasta 20 cm de profundidad, con la densidad aparente mencionada. El número de especies registradas en cada muestra fue utilizado como indicador de riqueza de especies, mientras que el porcentaje del banco de semillas de la muestra correspondiente a cada especie fue utilizado como indicador de su abundancia relativa. A partir de estos últimos valores se calcularon para cada muestra los índices de equitatividad y de diversidad de Shannon-Wiener (Kent & Coker 1994). El grado de agregación espacial de cada especie a lo largo del gradiente fue estimado a través de la relación varianza-media del contenido de semillas. Valores significativamente mayores que 1 indican patrones espaciales agregados.

Las diferencias entre las posiciones sobre el gradiente respecto a la densidad de semillas, la riqueza, la equitatividad y la diversidad específica fueron establecidas mediante Análisis de Varianza y, en los casos en los cuales se detectaron diferencias significativas, se aplicó la Prueba de Tukey para contrastes entre promedios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La densidad total de semillas varió a lo largo del gradiente entre 19680 y 61280 semillas/m²,

con un promedio general de 30296 semillas/m² (Tabla 1). En comparación a revisiones sobre registros de bancos de semilla de diferentes lugares del mundo, los valores mencionados pueden ser considerados normales para suelos agrícolas. La mayor parte de los registros bibliográficos oscilan entre cerca de 1000 y 80000 semillas/m², y solo ocasionalmente superan las 100000 semillas/m² (Recasens et al. 1991; Zanin et al. 1992; Radosevich et al. 1997). Si bien no se observó una tendencia definida en la mayor parte del gradiente, la máxima densidad de semillas se obtuvo en el sector más bajo del mismo, el que resultó significativamente superior a las restantes posiciones (Figura 1). De las 21 especies identificadas, *Chenopodium album*, *Amaranthus quitensis* y *Digitaria sanguinalis* fueron las más abundantes. Las tres son de ciclo primavero-estival y su dominancia podría reflejar el predominio de cultivos estivales en el último tramo de la historia de uso previo del lote, con posterioridad al ciclo de pastura. Las dos primeras especies evidenciaron una distribución espacial de semillas claramente agregada, con relaciones varianza-media de 17.28 y 15.80, respectivamente (Tabla 1). Estos valores resultan, fundamentalmente, de un notorio aumento de la densidad de semillas de ambas especies en la posición más baja del gradiente (Figura 2), y explican en gran medida el incremento significativo en la densidad total de semillas observado en la misma. Una posible causa es que las plantas establecidas en el sector más bajo del gradiente incrementen la producción de semillas favorecidas por mejores condiciones de crecimiento, probablemente asociadas a un mayor contenido de agua en el suelo. Según Radosevich et al. (1997), la cantidad de semillas producidas por malezas agrícolas es, en general, asombrosamente alta, pero resulta también un carácter muy sensible a los cambios ambientales. Dado que la dispersión de semillas tiende, en general, a concentrarse en las cercanías de las plantas madre (Cousens & Mortimer 1995), una mayor producción de semillas podría traducirse, además, en un incremento del banco en las condiciones más favorables. Paralelamente, y dado la pronunciada pendiente que presenta el sitio de estudio, un fenómeno de arrastre de semillas desde las posiciones más elevadas podría estar contribuyendo también a la mayor acu-

mulación de semillas en el sector más bajo del gradiente. En sitios bajo riego, el movimiento del agua ha probado ser un factor importante de dispersión de semillas de malezas, particularmente en *Chenopodium album* y

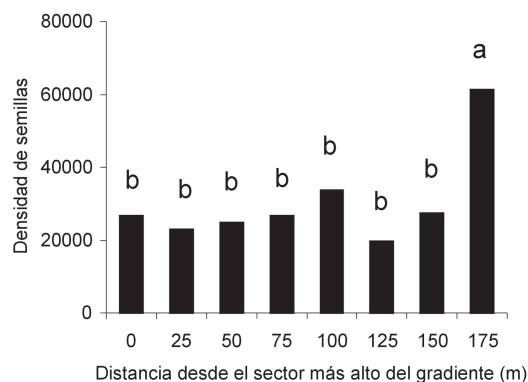


Figura 1. Densidad total de semillas (semillas/m²) en las distintas posiciones del gradiente microtopográfico en un suelo agrícola de Azul. Letras distintas indican diferencias significativas.

Figure 1. Total seed density (seeds/m²) on different positions upon the micro-topographical gradient in an arable soil in Azul. Different letters indicate significant differences.

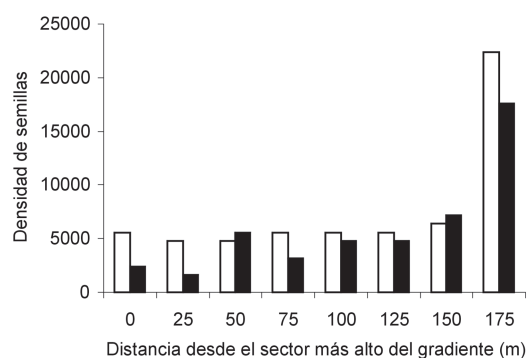


Figura 2. Densidad de semillas (semillas/m²) de *Chenopodium album* (barras blancas) y *Amaranthus quitensis* (barras negras) en las distintas posiciones del gradiente microtopográfico en un suelo agrícola de Azul.

Figure 2. Seed density (seeds/m²) of *Chenopodium album* (white bars) and *Amaranthus quitensis* (black bars) on different positions upon the micro-topographical gradient in an arable soil in Azul.

Tabla 1. Composición del banco, abundancia (semillas/m²) de semillas y relación varianza-media (V/m) de las diferentes especies en las distintas posiciones del gradiente microtopográfico en un suelo agrícola de Azul. Los valores son promedios de tres muestras.

Table 1. Seed bank composition, seed abundance (seeds/m²), and variance-mean ratio (V/m) for the species on different positions upon the micro-topographical gradient in an arable soil in Azul. Values are means from three samples.

Especies	Distancia desde el sector más alto del gradiente (m)								Promedio	V/m
	0	25	50	75	100	125	150	175		
<i>Chenopodium album</i>	5592	4800	4800	5592	5592	5592	6408	22392	7596	17.28
<i>Amaranthus quitensis</i>	2400	1608	5592	3192	4800	4800	7200	17592	5898	15.80
<i>Digitaria sanguinalis</i>	6552	4800	4800	4968	8808	1920	4632	8640	5640	3.38
<i>Eleusine</i> sp.	1752	1752	792	1272	2088	648	648	1272	1278	0.87
<i>Cyperus</i> sp.	1272	1272	648	960	1608	312	648	1128	981	0.67
<i>Portulaca oleracea</i>	480	312	960	792	1272	648	480	1920	858	1.18
<i>Euphorbia serpens</i>	792	648	168	792	1272	1440	480	0	699	1.28
<i>Polygonum</i> sp.	480	168	480	1272	480	0	792	1440	639	1.44
<i>Setaria</i> sp.	792	312	648	1128	648	480	792	0	600	0.71
<i>Stellaria media</i>	792	648	960	0	960	0	161	0	440	1.62
<i>Plantago</i> sp.	312	312	312	480	0	480	168	168	279	0.35
<i>Medicago</i> sp.	312	480	168	480	168	312	0	0	240	0.55
<i>Silene gallica</i>	1128	0	168	0	312	0	168	0	222	2.42
<i>Echium plantagineum</i>	0	0	168	480	648	168	0	312	222	0.96
<i>Cerastium glomeratum</i>	0	168	480	480	0	0	0	168	162	0.99
<i>Trifolium</i> sp.	0	312	168	168	0	0	0	312	120	0.59
<i>Oxalis</i> sp.	0	168	0	0	0	0	168	168	63	0.44
<i>Piptochaetium</i> sp.	0	0	0	168	0	168	168	0	63	0.44
<i>Anagalis arvensis</i>	0	168	0	0	312	0	0	0	60	0.84
<i>Tagetes minuta</i>	0	0	0	480	0	0	0	0	60	1.75
Total (spp. identificadas)	24408	19368	21960	24312	30888	18576	25001	58872	27923	
Especies no identificadas	2232	3672	2088	2568	2712	1104	2400	2208	2373	
Total	26640	23040	24048	26880	33600	19680	27401	60480	30296	

Tabla 2. Riqueza de especies, equitatividad y diversidad específica en el banco de semillas en las distintas posiciones del gradiente microtopográfico en un suelo agrícola de Azul. Los valores son promedios de tres muestras.

Table 2. Species richness, evenness, and diversity of the seed bank on different positions upon the micro-topographical gradient in an arable soil in Azul. Values are means from three samples.

	Distancia desde el sector más alto del gradiente (m)							
	0	25	50	75	100	125	150	175
Riqueza	14	17	17	17	15	13	15	13
Equitatividad	0.83	0.79	0.75	0.83	0.80	0.78	0.72	0.64
Diversidad	2.64	2.83	2.83	2.83	2.70	2.57	2.70	2.57

en especies emparentadas del género *Amaranthus* (Rado-sevich et al. 1997).

Con respecto a la estructura comunitaria del banco de semillas, la riqueza de especies, la equitatividad y la diversidad específica mostraron rangos de variación relativamente estrechos a lo largo del gradiente, sin una tendencia definida (Tabla 2). De hecho, el Análisis de Varianza no mostró diferencias significativas entre posiciones para ninguno de ellos. Los valores relativamente elevados de diversidad específica (> 2.50 en todos los casos) y, particularmente, de la equitatividad (entre 0.64 y 0.83), reflejan la existencia de una co-dominancia de las tres especies más abundantes del banco de semillas a lo largo del gradiente (i.e., *Chenopodium album*, *Amaranthus quitensis* y *Digitaria sanguinalis*). Estas especies representan el 27.20%, 21.12% y 20.20% del banco de semillas, respectivamente. Al analizar las relaciones entre tamaño y estructura del banco, se encontraron correlaciones negativas estadísticamente significativas tanto entre densidad y diversidad ($r = -0.47$; $P = 0.0194$) como entre densidad y equitatividad ($r = -0.55$; $P = 0.0056$). El signo negativo de la correlación indica que el aumento en densidad es acompañado por una disminución en equitatividad y diversidad. Ello pone en evidencia que la estructura del banco de semillas se comporta como un atributo condicionado por los cambios en la densidad.

La información obtenida, considerada en su conjunto, indica que las variaciones en el tamaño y en la estructura del banco de semillas no presentan una gradación a lo largo del gradiente topográfico estudiado. Las variaciones en la densidad de semillas podrían reflejar, en particular, respuestas de tipo umbral cuando los cambios en las condiciones edáficas y los efectos de arrastre por declive adquieren una magnitud suficiente como para afectar la producción y acumulación de semillas en el suelo. Dadas las características topográficas del área de estudio, la mayor concentración de semillas en los sectores bajos podría tener consecuencias prácticas relevantes en cuanto a la forma de evaluar los niveles de infestación y su implicancia en el diseño de estrategias para el control de malezas.

AGRADECIMIENTOS

Al Lic. Raúl Méndez Escobar por su asesoramiento y conducción en el trazado del perfil topográfico del sitio de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, SI & A PERETTI. 2000. *Malezas plagas de la agricultura argentina. Catálogo de semillas y plántulas*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata-INTA-BASF. Mar del Plata.
- BALL, DA & SD MILLER. 1989. A comparison of techniques for estimation of arable soil seed banks and their relationship to weed flora. *Weed Res.* **29**:365-373.
- BALL, DA & SD MILLER. 1990. Weed seed population response to tillage and herbicide use in three irrigated cropping sequences. *Weed Sci.* **38**:511-517.
- BALLARÉ, CL; AL SCOPEL; CM GHERSA & RA SÁNCHEZ. 1987. The population ecology of *Datura ferox* in soybean crops. A simulation approach incorporating seed dispersal. *Agr. Ecosyst. Environ.* **19**:177-188.
- BARRALIS, G & R CHADOEUF. 1987. Potentiel semencier des terres arables. *Weed Res.* **27**:417-424.
- BARRALIS, G; R CHADOEUF & JP GOUET. 1986. Essai de détermination de la taille de l'échantillon pour l'étude du potentiel semencier d'un sol. *Weed Res.* **26**:291-297.
- BENOIT, DL; NC KENKEL & PB CAVERS. 1989. Factors influencing the precision of soil seed bank estimates. *Can. J. Bot.* **67**:2833-2840.
- BIANCO, CA; CO NUÑEZ Y TA KRAUS. 2000. *Identificación de frutos y semillas de las principales malezas del centro de la Argentina*. Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto.
- CAVERS, PB & DL BENOIT. 1989. Seed banks in arable land. Pp. 309-328 en: MA Leck; VT Parker & RL Simpson (eds). *Ecology of soil seed banks*. Academic Press. San Diego.
- CHAUVEL, B; J GASQUEZ & H DARMENCY. 1989. Changes of weed seed bank parameters according to species, time and environment. *Weed Res.* **29**:213-219.
- COUSENS, R & M MORTIMER. 1995. *Dynamics of weed populations*. Cambridge University Press. New York.
- DESSAINT, R; R CHADOEUF & G BARRALIS. 1991. Spatial pattern analysis of weed seeds in the cultivated soil seed bank. *J. Appl. Ecol.* **28**:721-730.
- VAN GROENENDAEL, JM. 1988. Patchy distribution

- of weeds and some implications for modeling population dynamics: a short literature review. *Weed Res.* **28**:437-441.
- HANF, M. 1983. *The arable weeds of Europe with their seedlings and seeds*. BASF Aktiengesellschaft. Ludvigstrafen.
- KENT, M & P COKER. 1994. *Vegetation description and analysis. A practical approach*. J Wiley & Sons. Chichester.
- LECK, MA; VT PARKER & RL SIMPSON. 1989. *Ecology of soil seed banks*. Academic Press. San Diego.
- MATTEUCCI, SD & A COLMA. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General, OEA. Washington DC.
- RADOSEVICH, S; J HOLT & C GHERSA. 1997. *Weed ecology. Implications for management*. J Wiley & Sons. New York.
- RECASENS, J; F RIBA; J IZQUIERDO & A TABERNER. 1991. L'analisi del banc de llavors de males herbes de sòls agrícoles. Aspectes metodològics. *Ilerda "Ciències"* **49**:83-102.
- REQUESENS, E & R SCARAMUZZINO. 1999. Composición y variabilidad espacial del banco de semillas de malezas en un área agrícola de Azul (Argentina). *Planta Daninha* **17**:227-232.
- REQUESENS, E; R SCARAMUZZINO; E ORFILA; R MÉNDEZ ESCOBAR & M GANDINI. 1997. Banco de semillas en distintas posiciones topográficas en un sector agrícola del centro de la Provincia de Buenos Aires. *Ecología Austral* **7**:73-78.
- ROBERTS, HA & RJ CHANCELLOR. 1988. Seed banks of some arable soils in the English midlands. *Weed Res.* **26**:251-257.
- ZANIN, G; G MOSCA & P CATIZONE. 1992. A profile of the potential flora in maize fields of the Po Valley. *Weed Res.* **32**:407-418.

