

CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO DE PROGRAMAS DE MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS

Fabián D. Menalled

Department of Land Resources and Environmental Sciences, Montana State University, Bozeman, MT 59717-3120. E-mail: menalled@montana.edu

Resumen

En los últimos 60 años, el manejo de las malezas se ha abocado a la erradicación de las especies no deseadas, principalmente mediante el uso de herbicidas. Recientemente, esta aproximación al manejo de las malezas ha sido altamente criticada por su costo ambiental, social, y económico. En respuesta a dichas objeciones, se ha generado un consenso sobre la necesidad de desarrollar programas alternativos de manejo basados no sólo en el conocimiento de los factores que condicionan la abundancia e impacto de las malezas, sino también en las consecuencias ecológicas y sociales de dichas prácticas. En este contexto, el manejo integrado de malezas puede ser definido como un proceso de toma de decisiones que coordina diferentes aproximaciones tecnológicas con información ambiental y conocimiento sobre la biología y ecología de las malezas y los cultivos. Este artículo explora los principios ecológicos del manejo integrado de malezas y discute los factores que limitan la adopción de dichos programas. La agroecología puede contribuir al desarrollo de programas integrados de manejo si adopta una perspectiva holística de los mecanismos determinantes de la abundancia, dispersión, e impacto de las malezas. Dicho conocimiento debe ser integrado con programas educativos del manejo ecológico de las malezas que tomen en cuenta las necesidades y el conocimiento de los productores agrícolas.

Palabras clave: Agroecología, manejo integrado de plagas, sistemas agrícolas, biodiversidad

Summary

Ecological considerations in the design of integrated weed management programs

During the last 60 years, weed management has focused in achieving the goal of eradication of all undesired species, mainly through the use of herbicides. Recently, this approach to weed management has been highly criticized due to its high environmental, social, and economic costs. In response to these objections, there is a growing consensus on the need of developing alternative weed management programs based not only on understanding the factors that condition weed abundance and impact, but the ecological and social consequences of such programs. In this context, integrated weed management can be defined as a decision-making process that coordinates different technological approaches with environmental information and knowledge on weed and crop biology and ecology. This article explores the ecological principles associated with the integrated management of agricultural weeds and discusses the factors that limit the adoption of such programs. Agroecology can contribute to the development of integrated weed management programs if it adopts a holistic perspective on the analysis of the mechanisms determining the abundance, dispersion, and impact of agricultural weeds. Such knowledge should be integrated with educational programs on ecological approaches to weed management that take into account the need and knowledge of the targeted audience.

Keywords. Agroecology, integrated pest management, agricultural systems, biodiversity

Introducción

La agricultura puede ser definida como el proceso mediante el cual el ser humano modifica las comunidades vegetales con el fin que un pequeño grupo de

especies, a las que llamamos cultivos, produzcan alimentos, fibras, o energía. Dentro de este contexto, las malezas han sido tradicionalmente vistas como aquellas otras especies vegetales que, aunque no hayan

sido sembradas, están presentes en el agroecosistema. Ubicándose en el mismo nivel trófico que los cultivos, las malezas tienen la capacidad de competir por los nutrientes, el agua y la luz, perjudicar la cantidad y calidad de la producción agrícola, interferir en las labores de cosecha, y hospedar enfermedades e insectos plaga. Por ello, es común definir a las malezas como “plantas indeseables” o “plantas fuera de lugar” (Klingman *et al.* 1975). A pesar que los productores agrícolas invierten gran cantidad de tiempo y esfuerzo en controlar a las malezas, se estima que las mismas reducen la producción agrícola mundial en un 13% y que dicha figura se incrementaría a un 30% si no se utilizase ninguna práctica de manejo de malezas (Oerke *et al.* 1994). En los países en desarrollo, se ha estimado que las pérdidas anuales causadas por las malezas alcanzan a 125 millones de toneladas de alimentos, cantidad suficiente para sustentar 250 millones de personas (Parker y Fryer 1975).

Durante milenios, la remoción manual o mecánica de las malezas ha sido el método tradicional de control. En los últimos 60 años, y coincidiendo con el inicio de la industrialización agrícola, el manejo de las malezas se ha abocado más en la erradicación mediante el uso de herbicidas que en el desarrollo de un sistema de manejo holístico que considere variables económicas, ecológicas, y sociales (Upadhyaya y Blackshaw 2007). Tres premisas, no necesariamente corroboradas, sustentan el paradigma de erradicación de las malezas. Primero, está la creencia que las malezas sólo tienen un efecto negativo en la producción agrícola. Segundo, existe la hipótesis que el impacto neto de una comunidad de malezas sobre la producción agrícola resulta de la simple adición del potencial competitivo de cada una de las especies que constituyen dicha comunidad. Finalmente, se cree que existe un conflicto entre el objetivo de maximizar la productividad agrícola a corto plazo y el de promover la sustentabilidad económica y ambiental del sistema agrícola a mediano y largo plazo (Swift *et al.* 2004).

Pese a la alta tasa de consumo de herbicidas, la erradicación de las malezas sigue siendo hoy día un objetivo tan elusivo como lo era en 1941, antes de la síntesis de herbicidas de uso selectivo (Smith *et al.* 2006). La promesa, hasta ahora no cumplida, de un futuro “libre

de malezas” (Sagar 1968) ha sido promovida principalmente por las compañías agroquímicas en respuesta al deseo de los agricultores y los diseñadores de políticas agrícolas de obtener un control óptimo y simple de las malezas (Wilson *et al.* 2009). Recientemente, los cultivos transgénicos han sido promocionados como un paso más hacia la simplificación agrícola mediante el uso casi exclusivo de plaguicidas de amplio espectro y alta eficiencia (Mortensen *et al.* 2000).

Si bien es cierto que a corto plazo las políticas de manejo de malezas centradas en el uso herbicidas han sido exitosas en términos de producción, eficiencia, y simplicidad; esta aproximación al manejo de las malezas ha sido altamente criticada por su alto costo ambiental, social, y económico (Robinson y Sutherland 2002, Robertson y Swinton 2005). La selección de biotipos de malezas resistentes a herbicidas, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, los problemas de salud de agricultores y consumidores, la disminución de la riqueza florística, el incremento de los costos de producción, y el flujo de genes entre cultivos y malezas son algunos de los problemas asociados al sobre-uso de herbicidas. En respuesta a estos costos ambientales, sociales, y económicos se ha generado un consenso sobre la necesidad de desarrollar programas alternativos de manejo de malezas basados en las siguientes premisas. Primero, es necesario reducir la dependencia de insumos energéticos no-renovables en los sistemas agrícolas. Segundo, se debe incrementar el uso de procesos ecológicos que disminuyan la abundancia y/o el impacto de las malezas. Tercero, los programas de manejo de malezas deben ser desarrollados como un componente más de los sistemas de producción agrícolas. Finalmente, es necesario mantener o mejorar la productividad de los cultivos, los ingresos económicos de los productores, y la calidad del ambiente (Liebman y Davis 2000, Mortensen *et al.* 2000). Pero, ¿es posible reemplazar el paradigma del control de malezas centrado en el uso de herbicidas por un sistema de manejo cimentado en el conocimiento de procesos ecológicos? ¿Cuáles son los principios ecológicos asociados a un programa integrado del manejo de malezas? ¿Qué factores que limitan la adopción de un programa de manejo inte-

Tabla 1. Características ecológicas y morfológicas de las malezas y los cultivos (adaptado de Liebman *et al.* 2001).

Características	Malezas	Cultivos
Tasa de crecimiento relativo ($g\ g^{-1}\ d^{-1}$)	Muy alta	Alta
Tasa de crecimiento como plántula ($g\ g^{-1}\ d^{-1}$)	Baja	Alta
Tolerancia a la sombra	Baja	Baja
Tolerancia a la escasez de nutrientes	Baja	Baja
Tasa de absorción de nutrientes	Muy alta	Alta
Tamaño de semilla	Generalmente pequeña	Generalmente grande
Tasa de reproducción	Alta	Varía según el cultivo
Dormición en semillas	Frecuente	Muy rara
Geminación en respuesta a la labranza	Frecuente	Rara
Longevidad de la semilla en el suelo	Generalmente larga	Generalmente corta

grado de malezas? Re-evaluar el término "maleza" es el primer paso necesario para incorporar una perspectiva ecológica en la producción agrícola.

Las malezas como componentes de los agroecosistemas

Desde el punto de vista ecológico la mayoría de las actividades agrícolas incluyendo el uso de herbicidas, el laboreo de suelo, la adición de nutrientes, y la cosecha representan disturbios. Picket y White (1985) definen a los disturbios ecológicos como "eventos... que modifican la estructura del ecosistema, la comunidad, o la población y cambian la disponibilidad de recursos, sustrato, o ambiente". El tipo, frecuencia, e intensidad de las perturbaciones ecológicas asociadas al manejo de los cultivos no sólo establecen el contexto evolutivo de las malezas (Neve *et al.* 2009), sino que determinan la características de las comunidades vegetales presentes en los agroecosistemas (Menalled *et al.* 2001, Pollnac *et al.* 2009a). Dentro de este contexto, es posible estudiar las características ecológicas y morfológicas de las malezas y los cultivos que les permiten germinar, sobrevivir, y reproducirse (Tabla 1).

Considerando el marco ecológico y evolutivo de los agroecosistemas, es posible definir a las malezas como "plantas particularmente exitosas en colonizar sitios perturbados, pero potencialmente de alta productividad, y en mantener su abundancia bajo condiciones de perturbaciones frecuentes" (Liebman *et al.* 2001). Esta definición permite evaluar a las malezas como componentes integrales de los agroecosistemas, teniendo en cuenta no sólo sus impactos negativos, sino también analizando los factores causales de su abundancia, y estudiando su función ecológica. Por ejemplo, las malezas pueden proveer diferentes servicios ecológicos como ayudar a controlar la erosión del suelo, modificar procesos micro-climáticos, impactar la dinámica hidrológica, constituir una reserva de germoplasma, alterar al ciclo de nutrientes, y proveer refugio y alimento a los enemigos naturales de las plagas de cultivos (Jordan y Vatovec 2004, Nicholls 2006). Adoptar una perspectiva ecológica en el estudio de las malezas representa el primer paso en el desarrollo de un programa integral de manejo de las mismas.

Manejo Integrado de Malezas

El concepto de manejo integrado de plagas (MIP) ha sido desarrollado principalmente por entomólogos durante la década de 1960 como respuesta al impacto negativo asociado al uso excesivo de plaguicidas. La idea central del MIP consiste en la utilización conjunta de métodos complementarios, incluyendo prácticas físicas, mecánicas, químicas, biológicas, genéticas, y culturales. El objetivo final del MIP no consiste en alcanzar

la erradicación de las plagas, sino minimizar su impacto. Para ello, el MIP toma en cuenta el contexto ambiental en el cual se pretende manejar a las plagas, monitorea dinámica poblacional de las mismas, e integra técnicas y métodos de manejo cuando las poblaciones nocivas exceden un nivel umbral de acción.

Recientemente, el concepto de MIP ha sido adaptado al control de malezas. El manejo integrado de las malezas (MIM) consiste en combinar información acerca de los factores biológicos, culturales, y abióticos que determinan la abundancia e impacto de las mismas con una evaluación de las consecuencias ecológicas y sociales de las prácticas de manejo (Labrada *et al.* 1996, Sanyal *et al.* 2008). El MIM puede ser visto como un proceso de toma de decisiones que coordina aproximaciones tecnológicas incluyendo medios culturales, genéticos, mecánicos, biológicos, y químicos con el fin de 1) suprimir el crecimiento o impacto de las malezas, manteniendo las poblaciones nocivas a niveles por debajo de aquéllos causantes de daño económico, 2) prevenir o minimizar la producción de semillas u otras estructuras de reproducción de malezas, 3) reducir el número de semillas presentes en el suelo, y 4) menguar la distribución de malezas (Sanyal *et al.* 2008).

El MIM combina estrategias directas e indirectas de control. Estrategias directas incluyen prácticas culturales como el laboreo del suelo, el uso de enemigos naturales, y la aplicación de herbicidas. Estrategias indirectas de control de las malezas incluyen la modificación de las condiciones ambientales y biológicas del agroecosistema con el fin de maximizar la captación de recursos por parte de los cultivos, reduciendo la abundancia e impacto de las malezas.

La prevención es quizás la estrategia indirecta más importante en el desarrollo de un programa integrando de manejo de malezas agrícolas. Otras prácticas indirectas incluyen la selección de cultivos altamente competitivos, la rotación de los cultivos, la modificación del tiempo de siembra, el aumento de la densidad de siembra, y el uso de cultivos de cubierta (Labrada *et al.* 1996). Individualmente, es posible que cada una de estas prácticas no alcance a suprimir las malezas o minimizar su impacto. Por ello, el MIM requiere el uso combinado de todas las prácticas disponibles, integrándolas de forma tal que en su conjunto permitan suprimir o regular a las malezas (Liebman y Gallandt 1997). Como cualquier otro programa de manejo de plagas, el MIM debe ser entendido como un componente más del agroecosistema (Lewis *et al.* 1997).

Principios Ecológicos del Manejo Integrado de Malezas

El concepto de nicho ecológico, definido como la situación espacial, temporal, y trófica de una especie dentro de una comunidad (Pianka 1976) es esencial al desarrollo de prácticas integradas de manejo de malezas. En un agroecosistema, las malezas y los culti-

vos tienden a ocupar nichos ecológicos similares y el grado de superposición de dichos nichos determina la resultante de la competencia. Cousens (1985) describe la reducción relativa de la productividad agrícola (YL) debido a la competencia con las malezas por medio de una función hiperbólica simple:

$$YL = iN_w / 1 + iN_w \quad (\text{Eq. 1})$$

donde N_w representa la densidad de las malezas e i es la pendiente inicial de la curva que relaciona YL con la densidad de malezas (Fig. 1). El impacto de las malezas en los cultivos puede ser reducido por tres caminos diferentes, pero no por ello excluyentes. Primero, se pueden aplicar prácticas curativas como el laboreo del suelo o el uso de herbicidas con el fin de reducirla densidad de malezas (N_w) por debajo de niveles tolerables (Fig. 1a). Segundo, independientemente de la densidad de malezas, se puede intentar minimizar el impacto de las mismas sobre los cultivos (YL) (Fig. 1b). Esto puede lograrse por medio de diferentes prácticas indirectas como el uso de variedades de cultivos altamente competitivos, la modificación del tiempo de siembra, y el aumento de la densidad de siembra. Finalmente, se debe programar el uso combinado de prácticas de manejo que logren reemplazar aquellas malezas altamente competitivas por una comunidad dominada por especies de fácil manejo o baja capacidad de competencia (Fig. 1c). Si bien esto último parece ser un objetivo de difícil logro, estudios recientes han demostrado que las sistemas de producción agrícola modifican no sólo la abundancia y la composición de las comunidades de malezas (Mennialled *et al.* 2001, Davis *et al.* 2005), sino que alteran su distribución espacial (Pollnac *et al.* 2008), y su capacidad competitiva (Pollnac *et al.* 2009b, Smith *et al.* 2010).

Es necesario reconocer que debido a la complejidad inherente de los sistemas agrícolas, no es fácil sintetizar en reglas globales las bases agroecológicas del MIM. Pese a ello, es posible analizar los mecanismos y procesos ecológicos asociados a distintas prácticas de manejo (Tabla 2). Por ejemplo, prácticas de manejo como la labranza del suelo o el uso de herbicidas tienen como objetivo reducir la densidad de las poblaciones de malezas a niveles manejables. Otras prácticas, como el uso de variedades de cultivo altamente competitivas apuntan a minimizar el crecimiento y fecundidad de las malezas. Finalmente, la rotación de los cultivos pretende minimizar la selección de especies de malezas altamente competitiva.

Factores que Limitan la Adopción de Sistemas de Manejo Integrado de Malezas

El manejo integrado de plagas no solo ha permitido minimizar el impacto de diferentes grupos de insectos y patógenos, sino que ha contribuido en forma efectiva

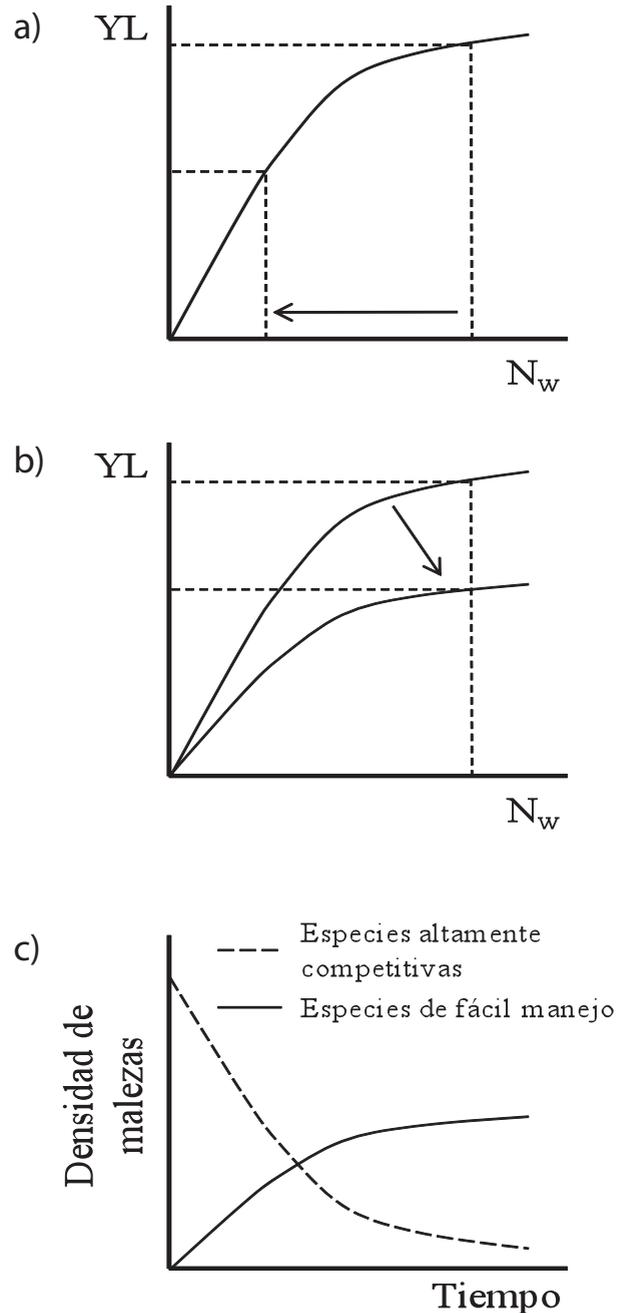


Figura 1. Tres objetivos del manejo integrado de malezas: a) Reducir la densidad de malezas (N_w) para minimizar la reducción en la productividad (YL), b) Aumentar la competitividad de los cultivos, y c) Modificar la composición específica de las comunidades de malezas a fin de lograr que la misma estén dominada por especies de fácil manejo o baja capacidad competitiva.

a reducir el uso de plaguicidas de origen sintético. Pese a ello, los principios del MIM no ha sido ampliamente aceptados por los productores agrícolas (Buhler *et al.* 2000). Diversos factores han contribuido a que el paradigma de erradicación de las malezas mediante el uso de herbicidas continúe siendo la estrategia dominante en los agroecosistemas industrializados (Vitta *et al.* 2002, Bastiaans *et al.* 2008). Sin duda, el hecho que la mayoría de las prácticas de control de malezas hayan

Tabla 2: Principios ecológicos asociados a distintas prácticas de manejo de malezas (Adaptado de Altieri y Liebman 1988).

Práctica de manejo	Principio ecológico
Prevención, solarización de suelo, reducción de la producción de semillas de malezas, predación de semillas	Disminución del banco de semillas de malezas
Preparación de la cama de siembra, labores de cultivo, uso de plántulas de cultivo	Favorecer la captación de asimétrica de recursos (agua, nutrientes, luz) por parte de los cultivos
Arranque manual de las malezas, corte con machete u otra herramienta, labores de cultivo	Reducción de la abundancia y tamaño relativo de las malezas
Uso de variedades de cultivo competitivas	Maximización del crecimiento relativo del cultivo
Incremento de la densidad de siembra	Minimización de la competencia intra-específica
Rotación de cultivos, rotación de las prácticas de manejo	Minimizar la adaptación de las malezas

surgido de recomendaciones provistas por las compañías productoras de agroquímicos no ha contribuido a generar la información agroecológica necesaria para el desarrollo de un programa de MIM.

La falta de conocimiento de las bases agroecológicas del MIM ha sido citada como una de las responsables de la baja adopción de programas de MIM (Labrada y Parker 1996). A su vez, la alta estocasticidad de las variables ambientales y biológicas que determinan la abundancia e impacto de las malezas disminuye el valor predictivo de la información ecológica. Finalmente, el prolongado período de tiempo comúnmente asociado a la investigación ecológica de las malezas contradice con las necesidades apremiantes de los productores agrícolas.

Revertir estos problemas requiere primero, un cambio de paradigma en los tópicos de investigación asociada al manejo de malezas (Zimdahl 1995). Es necesario reemplazar la investigación centrada en prácticas individuales del manejo de malezas (por ejemplo, el desarrollo de nuevos herbicidas) por un análisis agroecológico sistemático de los mecanismos determinantes de la abundancia, dispersión, e impacto de malezas. Segundo, se debe ampliar las bases disciplinarias de la investigación a fin incorporar las necesidades y conocimientos de los agricultores. Finalmente es necesario generar programas educativos que faciliten la adopción del MIM. Dichos programas deben identificar tanto los problemas percibidos y reales que limitan la adopción del MIM (Menalled *et al.* 2009) como los procesos de difusión de la información y toma de decisiones por parte de la audiencia (Wilson *et al.* 2009).

Conclusiones

El éxito del MIM requiere la ampliación de las bases de conocimiento agroecológico básico y aplicado. Si bien en la última década ha aumentado en forma significativa la cantidad y calidad de la investigación agroecológica, aún quedan grandes hiatos por llenar. Modificar el paradigma del manejo de malezas centrado en la erradicación por uno que considere el balance neto del los beneficios y perjuicios asociados a la presencia de malezas requiere una nueva aproximación al estudio de los agroecosistemas. Dicha investigación será infructífera si no considera

las características biológicas, ambientales, y sociales de los agroecosistemas en estudio. A su vez, dicha investigación debe desarrollarse con participación activa de los productores agrícolas. La información resultante debe ser utilizada para generar un programa educativo que explore nuevas vías de diseminación del conocimiento.

Referencias

Altieri MA, Liebman M. 1988. Weed management in agroecosystems: ecological approaches. Boca Raton: CRC Press.

Bastiaans L, Paolini R, Baumann DT. 2008. Focus on ecological weed management: what is hindering adoption? *Weed Research* 48: 481-491.

Buhler DD, Liebman M, Obrycki JJ. 2000. Theoretical and practical challenges to an IPM approach to weed management. *Weed Science* 48: 274-280.

Cousens R. 1985. A simple model relating yield loss to weed density. *Annals of Applied Biology* 2:239-252.

Davis A, Renner K, Gross K. 2005. Weed seed bank and community shifts in a long-term cropping systems experiment. *Weed Science* 53: 296-306.

Jordan N, Vatovec C. 2004. Agroecological benefits from weeds. En *Weed biology and management* (Inderjit, ed.). Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 137-158.

Klingman GC, Ashton FM, Noordhoff LJ. 1975. *Weed science: principles and practices*. New Cork: Wiley.

Labrada R, Parker C. 1996. El control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas. En *Manejo de malezas para países en desarrollo* (Labrada, Caseley, Parker, eds.). Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, Roma, Italia.

Labrada R, Caseley JC, Parker C. 1996. *Manejo de malezas para países en desarrollo*. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. Roma, Italia.

Lewis WJ, van Lenteren JC, Phatak SC, Tumilson III JH. 1997. A total system approach to pest management. *Proceedings of the National Academy of Science* 94: 2243-12248.

Liebman M, Davis AS. 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*: 40: 27-47.

- Liebman M, Gallandt ER. 1997. Many little hammers: ecological approaches for management of crop weed interactions. En *Ecology in agriculture and soil management* (Jackson LE, ed.) Academic. California, USA, pp 291-343.
- Liebman M, Mohler Ch, Staver Ch. 2001. *Ecological management of agricultural weeds*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Menalled FD, Grimberg BI, Jones C. 2009. Evaluation of agricultural professionals' perceptions and knowledge on sustainable agriculture: a useful step in the development of an online extension program. *Journal of Agricultural Education* 50: 86-97.
- Menalled FD, Gross K, Hammond M. 2001. Weed above-ground and seedbank community responses to agricultural management systems. *Ecological Applications* 11: 1586-1601.
- Mortensen DA, Bastiaans L, Sattin M. 2000. The role of ecology in the development of weed management systems: an outlook. *Weed Research* 40: 49-62.
- Neve P, Vila-Aiub M, Roux F. 2009. Evolutionary-thinking in agricultural weed management. *New Phytologist* 184: 783-793.
- Nicholls C. 2006. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología* 1:37-48.
- Oerke EC, Weber A, Dehne HW, Schönbeck F. 1994. Conclusions and perspectives In *Crop production and crop protection, estimated losses in major food and cash crops* (Oerke EC, Dehne HW, Schönbeck F, Weber A, eds.). Amsterdam: Elsevier Science, pp. 742-770.
- Parker C, Fryer J. 1975. Weed control problems causing major reduction in world food supplies. *FAO Plant Protection Bulletin* 23: 83-95.
- Pianka ER. 1976. Competition and niche theory. In *Theoretical ecology: principles and applications* (May RM, ed.). Philadelphia: Saunders, pp. 114- 141.
- Pickett STA, White PS. 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. New York: Academic Press..
- Pollnac FW, Maxwell B, Menalled FD. 2009a. Using species-area curves to examine weed communities in organic and conventional spring wheat systems. *Weed Science* 3: 241-247.
- Pollnac FW, Maxwell BD, Menalled FD. 2009b. Weed community characteristics and crop performance: a neighbourhood approach. *Weed Research* 49: 242-250.
- Pollnac FW, Rew LJ, Maxwell B, Menalled FD. 2008. Spatial patterns, species richness, and cover in weed communities of organic and conventional no-tillage spring wheat systems. *Weed Research* 48: 398-407.
- Robertson GP, Swinton SM. 2005. Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3: 38-46.
- Robinson RA, Sutherland WJ. 2002. Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 39: 157-176.
- Sagar GR. 1968. *Weed biology – A future*. Netherlands Journal of Agricultural Sciences 16: 155-164.
- Sanyal D, Bhowmik PC, Anderson RL, Shrestha A. 2008. Revisiting the perspective and progress of integrated weed management. *Weed Science* 56: 161-167.
- Smith RG, Maxwell B, Menalled F, Rew L. 2006. Lessons from agriculture may improve the management of invasive plants in wildland systems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4: 428-34.
- Smith RG, Mortensen DA, Ryan MR. 2010. A new hypothesis for the functional role of diversity in mediating resource pools and weed-crop competition in agroecosystem. *Weed Research* 50: 185-185.
- Swift MJ, Izac A, van Noordwijk M. 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes – are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 104: 113-134.
- Upadhyaya MK, Blackshaw RE. 2007. Non-chemical weed management: synopsis, integration and the Future. In *Non-Chemical Weed Management* (Upadhyaya MK, Blackshaw RE, eds.). Oxfordshire, UK: CAB International, pp. 201-209.
- Vitta JI, Tuesca DH, Puricelli EC, Nisensohn LA, Faccini DE. 2002. El empleo de la información ecológica en el manejo de malezas. *Ecología Austral* 12: 83-87.
- Wilson RS, Hooker N, Tucker M, Lejeune J, Doohan D. 2009. Targeting the farmer decision making process: A pathway to increased adoption of integrated weed management. *Crop protection* 28: 756-764.
- Zimdahl RL. 1995. Weed science in sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture* 10: 138-142.