



Consulta de Expertos en Ecología y Manejo de Malezas

FAO, Roma
22-24 de Septiembre de 1997

**División de Producción y Protección Vegetal
Organización de la Alimentación y la Agricultura de las
Naciones Unidas, FAO, Roma**

CONTENIDO

INTRODUCCION

PROGRAMA

PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL DESARROLLO
DEL MANEJO DE MALEZAS EN LOS PAISES EN DESARROLLO

R. Labrada

ECOLOGIA

LA NECESIDAD DE ESTUDIOS EN ECOLOGIA DE MALEZAS
PARA MEJORAR EL MANEJO DE MALEZAS

Martin Mortimer

LA APLICACION DE LA ECOLOGIA DEL BANCO DE SEMILLAS
EN EL MANEJO DE MALEZAS

Frank Forcella

UNA SIMPLE TECNICA PARA PREDECIR LOS FUTUROS
PROBLEMAS DE MALEZAS Y SELECCIONAR LAS MEJORES
PRACTICAS PARA EL MANEJO DE MALEZAS

R. Gordon Harvey

PRONOSTICO DEL CRECIMIENTO DE LAS POBLACIONES
DE MALEZAS

C. Fernández - Quintanilla

ECONOMIA Y MANEJO

INFLUENCIA DEL MOMENTO DE LA EMERGENCIA DE LAS
MALEZAS Y SU REMOCION SOBRE LOS RENDIMIENTOS
DE LOS CULTIVOS.

Maurizio Sattin, Antonio Berti and Giuseppe Zanin

USO PRACTICO DE LOS UMBRALES ECONOMICOS DE MALEZAS

Bärbel Gerowitt

EL USO DE LOS HERBICIDAS Y DE LOS CULTIVOS
TRANSGENICOS RESISTENTES A LOS HERBICIDAS

Baruch Rubin

ENFOQUES DE SISTEMAS EN EL MANEJO DE MALEZAS Y EN EL
DISEÑO DE VARIEDADES DE CULTIVO SUPRESORAS DE MALEZAS

M.J. Kropff, L. Bastiaans and L.A.P. Lotz

ELEMENTOS BASICOS PARA EL MANEJO MEJORADO DE MALEZAS
EN EL MUNDO EN DESARROLLO

I. Okezie Akobundu

CRITERIOS BASICOS PARA EL MANEJO MEJORADO DE
MALEZAS EN PAISES EN DESARROLLO

Bruce A. Auld and Ken M. Menz

CONCLUSIONES Y RECOMMENDACIONES

(Vías para Mejorar los Componentes del Manejo de Malezas)

Lista de Participantes

INTRODUCCION

La importancia del Manejo de Malezas en los países en desarrollo se incrementa debido a:

- El proceso de industrialización en varios países del Tercer Mundo, lo que hace escasear la fuerza laboral en áreas rurales.
- El desyerbe manual aun ocupa más del 40% del tiempo laboral de los pequeños agricultores en los países de menos desarrollo. En muchos casos estas actividades son llevadas a cabo por mujeres y niños. Además, la práctica del desyerbe manual no previene las pérdidas de cosecha causadas por las malezas.

Algunas tecnologías agrícolas, normalmente practicadas en los países desarrollados, deben ser bien validadas y adaptadas antes de ser transferidas al agricultor en los países en desarrollo.

El estado del manejo de malezas en los países en desarrollo es bastante pobre y necesita ser mejorado en el futuro inmediato para contribuir efectivamente en el incremento de la producción agrícola.

En muchos países en desarrollo no se dispone de componentes de investigación y extensión en materia de manejo de malezas, y en otros la investigación en este campo, se entiende como la simple prueba de herbicidas.

Existe una necesidad evidente de transferir tecnologías de manejo de malezas a los agricultores en el mundo en desarrollo, pero estas deben estar basadas en los enfoques del Manejo Integrado de Plagas (MIP). Elementos como el monitoreo de las malezas y criterios bien fundamentados sobre los métodos de control a adoptar, incluyendo el control químico de requerirse, deben ser parte integrante de estas tecnologías.

Es por esta razón que la FAO convocó la presente Consulta de Expertos en ecología y Manejo de malezas, la cual tuvo por objetivo evaluar los elementos esenciales del manejo mejorado de malezas en el Mundo en Desarrollo.

El objetivo de la reunión fue discutir como cada uno de los elementos presentados por los especialistas, pueden ser efectivamente incluidos en futuros programas de desarrollo del manejo de malezas.

Doce ponencias fueron presentadas por varios especialistas en malezas y uno en MIP, las que abarcaron distintos aspectos del manejo mejorado de malezas. Los tópicos discutidos también tocaron algunas externalidades referidas a las limitaciones y a las oportunidades del manejo de malezas, así como el actual desarrollo de la ecología de malezas en el mejoramiento de las herramientas para la toma de decisiones por los agricultores.

La discusión en el último día de la reunión enfocó la necesidad de desarrollar:

- Las herramientas para la comprensión ecológica de las dinámicas de las poblaciones de malezas y las interacciones competitivas entre los cultivos y las malezas.
- Enfoques para el adiestramiento de los agricultores y de los extensionistas agrícolas.
- Desarrollo de prácticas de manejo de malezas en el contexto del Manejo Integrado del Cultivo y de Plagas.

PROGRAMA

Lunes 22 de Septiembre

- 8:30 Registro de participantes
9:00 Apertura
9:30 Receso
10:30 Problemas relacionados con el desarrollo del manejo de malezas en el mundo en desarrollo. *R. Labrada (FAO)*

Sesión I "Ecología"

- 11:00 La necesidad de los estudios en ecología de malezas para mejorar el manejo de malezas. *A.M. Mortimer (IRRI)*
11:30 Uso de modelos demográficos para evaluar el crecimiento potencial de las poblaciones de malezas. *C. Fernández-Quintanilla (CSIC, Madrid, España).*
12:00 Receso
14:00 Aplicación de la ecología del banco de semillas en el manejo de malezas. *F. Forcella (USDA-ARS), Morris, EE.UU.*
14:30 Métodos simples para determinar las malezas en el banco de semillas. *R. Gordon Harvey (Universidad de Wisconsin, Madison, EE.UU.)*
15:00 Discusión
15:30 Receso
16:00 Discusión

Martes 23 de Septiembre

Sesión II "Economía y Manejo"

- 8:30 Uso práctico de los umbrales económicos de malezas. *Bärbel Gerowitt (Facultad de Agricultura, Universidad de Göttingen, Alemania)*
9:00 Criterios básicos económicos para el Manejo Mejorado de Malezas *B.A. Auld (Centro Agrícola de Nuevo Gales del Sur, Australia)*
10:00 Receso
10:30 Influencia del tiempo de emergencia de las malezas y su remoción sobre los rendimientos de los cultivos. *M. Satin (CEBI-CNR, Padua, Italia)*
11:00 Uso de modelos de simulación en el desarrollo de variedades agrícolas competitivas. *M. Kropff (Universidad Agrícola de Wageningen,, Holanda)*
11:30 Alelopatía y su uso practico para el manejo de malezas. *S. Narwal (Universidad Agrícola de Haryana, India)*
12:00 Receso
14:00 Elementos básicos para el Manejo Mejorado de Malezas en el Mundo en Desarrollo. *I.O. Akobundu.*

- 15:00 El uso de herbicidas y de los cultivos transgenicos resistentes a los herbicidas. *B. Rubin (Facultad de Agricultura, Ciencias de Alimentos y Ambiente , Universidad Hebrea de Jerusalem)*
- 15:30 Receso
- 16:00 Conceptos y desarrollo del MIP. *Dr Peter Kenmore (Coordinadora Global de MIP)*
- 16:45 Discusión

Miércoles 24 de Septiembre

Sesión III "Vías para mejorar los Componentes del Manejo de Malezas"

- 8:30 Discusión: Elementos de Ecología y Competencia
- 10:00 Receso
- 10:30 Discusión: Manejo y Economía
- 12:00 Receso
- 14:00 Discusión: Manejo y Economía
- 15:30 Conclusiones
Clausura

PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL DESARROLLO DEL MANEJO DE MALEZAS EN EL MUNDO EN DESARROLLO

R. Labrada

Oficial de Malezas

Servicio de Protección Vegetal

FAO, Roma

e-mail: Ricardo.Labrada@FAO.org

RESUMEN

Los problemas causados por las malezas en el mundo en desarrollo son descritos y discutidos brevemente. Las malezas aun causan severas pérdidas de cosechas a los pequeños agricultores en los países en desarrollo. Las familias de los agricultores consumen gran parte de su tiempo laboral en labores de desyerbes, lo que limita cualquier desarrollo económico ulterior. El desyerbe es también considerado un problema genérico debido a que muchas de estas tareas son llevadas a cabo por mujeres y niños, incluso en ocasiones mujeres embarazadas. Además, los agricultores no poseen conocimiento de los elementos principales para prevenir el incremento de semillas de malezas en el suelo y su posterior diseminación. Ellos tampoco conocen los aspectos relativos a la interferencia de las malezas y el mejor momento para su control.

Se necesita adoptar un nuevo enfoque para el control de malezas en la agricultura de los países en desarrollo. Por lo tanto, es necesario iniciar programas de investigación de control de malezas, que incluyan tópicos sobre evaluación de poblaciones de malezas, eco-biología de malezas (dinámicas poblacionales, banco de semillas en el suelo y otros), interferencia (competencia y alelopatía) y prácticas mejoradas de control de malezas con componentes económicamente factibles y seguros al ambiente. Las técnicas de control de malezas no pueden solo apoyarse en el uso exclusivo de herbicidas, tal y como sucede en los países desarrollados de Norteamérica y Europa.

La transferencia de metodologías para tales estudios y los criterios resultantes son esenciales para la mejora de las prácticas de control de malezas.

Es también aconsejable que los pequeños agricultores sean adiestrados en la correcta utilización de todos los desarrollos existentes en materia de manejo de malezas. Es por eso que los servicios de extensión agrícola deben ser capacitados en temas relativos al manejo mejorado de malezas.

I. Introducción

La población mundial está cerca de los 6 mil millones y se espera que llegue a 8.5 mil millones alrededor del año 2025. De acuerdo a las cifras dadas por la reciente Cumbre Mundial de la Alimentación (FAO, 1996), el número de desnutridos en los países en desarrollo estará entre 700 y 800 millones en el año 2010. El incremento poblacional va paralelamente con la reducción de las áreas agrícolas. Es por esta razón que la

producción de alimentos en las áreas de cultivo debe aumentar para poder sostener el incremento poblacional. Este aumento de la producción será solo lograble mediante el incremento de los rendimientos agrícolas y mejorando la intensidad de los cultivos.

La agricultura sostenible implica una producción de alimentos armonizada con la protección del ambiente, lo que significa que el incremento de producción deseado debe ser alcanzado sin afectar los recursos naturales, tales como el aire, el suelo, el agua y la vida animal. El uso de insumos, agroquímicos y otros debe ser mantenido al mínimo para asegurar que la producción sea ambientalmente compatible y económicamente factible.

El control de plagas, entre otras actividades agronómicas, deberá mejorarse con la reducción del uso de plaguicidas químicos, sea a través de su uso racional o de la selección juiciosa de diferentes métodos de control técnicamente efectivos, económicamente factibles a los pequeños productores y compatibles con el ambiente. El Manejo Integrado de Plagas (MIP) ha tenido un buen desarrollo durante los últimos 20 años, pero fundamentalmente en las áreas de control de insectos y ácaros. Sin embargo, el manejo de malezas aun se basa principalmente en el uso de los herbicidas en las economías desarrolladas mientras que el desyerbe manual es el principal método de control en el mundo en desarrollo.

De hecho, es de primordial importancia mejorar las medidas de control de malezas en los países en desarrollo como una de las vías para aumentar la producción agrícola y crear mejores condiciones de trabajo y de bienestar a los agricultores y sus familias.

El alcance de la presente ponencia es la describir brevemente la situación del control de malezas en el mundo en desarrollo y discutir la necesidad de mejorarlo con nuevos enfoques técnicos.

II. Las Malezas y problemas asociados

2.1 Problemas socioeconómicos

Se sabe que las malezas compiten fuertemente con los cultivos por la luz, el agua y los nutrientes. Las malezas también exudan o lixivian sustancias de sus raíces y hojas, respectivamente, que pueden resultar fitotóxicas. Todo esto provoca fuerte interferencia con el normal crecimiento del cultivo, causando grandes pérdidas de cosecha y reduciendo la calidad de la producción obtenida.

En el mundo en desarrollo, como ya se dijese anteriormente, el principal método de control de malezas al nivel del pequeño agricultor es bien el desyerbe o arranque manual o el desyerbe con ayuda de un azadón. Más del 50% del tiempo de estos agricultores se dedica al desyerbe (Labrada, 1992), que aparte de consumir tiempo laboral, limita el área que se puede cultivar exitosamente (Sauerborn y Kroschel, 1996).

El desyerbe puede ser también considerado un problema genérico debido a que tales tareas son llevadas a cabo por mujeres y niños, y en ocasiones mujeres embarazadas son las que principalmente hacen esta labor.

Hace unos 20 años, los agricultores basaban su producción agrícola en barbechos prolongados y en rotaciones de cultivos (Sauerborn y Kroschel, 1996). De esta forma, ellos eran capaces de evitar grandes daños de parte de las malezas y degradación de los suelos después de un cierto período de cultivo. Estas prácticas no son más factibles debido a la alta demanda de alimentos, el crecimiento demográfico y la reducida disponibilidad de terrenos agrícolas.

2.2. La carencia de conocimientos sobre malezas por parte de los agricultores

Los pequeños agricultores están bien informados del historial de sus parcelas, de los cultivos sucesivos y de las prácticas que le resultan más efectivas. Ellos normalmente identifican a las malezas mediante nombres comunes locales y poseen ideas sobre su comportamiento.

Sin embargo, ellos ni tienen un real conocimiento de los problemas que causan las malezas ni tampoco conocen las características bioecológicas de las malezas, su nivel de reproducción y diseminación. Un ejemplo de esto es el caso de las malezas parásitas radicales del género *Striga* en Africa al sur del Sahara y *Orobanche* en el Africa Septentrional y en el Medio Oriente. En la mayoría de los casos, los agricultores no saben que estas malezas poseen dos fases de crecimiento (una subterránea y otra aérea), y que todo el daño causado por estas parásitas ocurre durante la primera fase de su crecimiento. Los agricultores tampoco saben que estas especies pueden ser combatidas eficazmente a largo plazo mediante la reducción del banco de semillas, lo cual se puede lograr si se evita la fructificación de las parásitas. Por lo tanto, el adiestramiento de los agricultores en aspectos relacionados con la biología de las malezas pueden ayudarlos a mejorar las prácticas de control de malezas parásitas radicales.

Los agricultores frecuentemente desyerban en fases equivocadas del cultivo y no entienden que el control de malezas es más importante durante el llamado período crítico de competencia, con lo que se evitarían pérdidas importantes de producción. Es por esta razón que los elementos de ecobiología de malezas e interferencia deben ser parte de los programas de adiestramiento del agricultor en manejo de malezas.

2.3 Tecnologías limitadas de control de malezas

Los agricultores pequeños de bajo ingresos controlan las malezas por vía manual o con el uso del azadón. La energía humana destinada al desyerbe previene el aumento de la productividad del agricultor e incluso su posible desarrollo personal intelectual. Otros métodos de control son utilizados en escala limitada.

Algunos especialistas dedicados a la agricultura en diferentes partes del mundo aceptan como inevitable el hecho del desyerbe manual. Algunos consideran que el reemplazo de esta practica puede causar mas problemas de desempleo en los países menos desarrollados, mientras que otros creen que el desyerbe es un problema secundario, que los pequeños agricultores tendrán que seguir llevando a cabo por el resto de sus vidas.

III. Posibles alternativas para el mejoramiento del manejo de malezas

3.1 El enfoque

Como ya se menciono anteriormente, el arsenal de medidas de control malezas de los pequeños agricultores en los países desarrollados es muy limitado.

También sería completamente equivocado importar tecnologías de control de malezas que no son del todo aplicable al pequeño agricultor en los trópicos y sub-trópicos (Akobundu, 1996).

Las nuevas tecnologías de control de malezas deben ser atractivas al pequeño agricultor. De un lado, estas deben servir para reducir las infestaciones de malezas y aumentar los rendimientos agrícolas, y de otro lado, como Akobundu (1996) puntualizara, cualquier intervención deberá no poseer consecuencias fatales de interferencia con el balance ecológico o provocar algún problema de salud humana. Uno puede suponer que tales tecnologías a desarrollar deben tener un fuerte componente de cultivos de cobertura, rotación y asociación de cultivos y, siempre que sea posible, uso de materia orgánica. Posiblemente todas las medidas necesarias para restablecer la fertilidad del suelo pueden formar gran parte de las nuevas medidas de control a ser introducidas. Los sistemas de cultivo económicamente y ambientalmente efectivos adoptados por los agricultores son la llave para el manejo exitoso de malezas. Esto ultimo debe entenderse como el componente mayor en cualquier sistema de manejo de cultivo.

Los esfuerzos de control deberán también concentrarse en especies de malezas normalmente muy diseminadas y abundantes en ecologías particulares. Es por eso que existe la necesidad de iniciar y desarrollar programas de investigaciones en manejo de malezas, los que deberán consistir en estudios del comportamiento poblacional de malezas, tomando también en cuenta los aspectos socioeconómicos de los pequeños agricultores.

En todo caso seria completamente desacertado suponer que las tecnologías efectivamente implementadas en los países desarrollados podrán también funcionar bien en los países en desarrollo.

3.2 Investigación sobre Malezas

Una encuesta sobre el estado del manejo de malezas en países en desarrollo, llevada a cabo por la FAO, (Labrada, 1986) reveló que solo el 25% de los 80 países encuestados poseen un nivel aceptable de investigaciones de malezas, pero en muchos de estos programas, los estudios son mayormente dedicados a la adaptación de tecnologías foráneas de control o a la aplicación de los herbicidas.

Solo unos pocos de estos programas tienen incluido aspectos de ecobiología de malezas y otros criterios de implementación de medidas de control de maleza.

Los estudios de ecología y dinámica poblacional de malezas son muy escasos en los trópicos y sub-trópicos; lo mismo es aplicable al **comportamiento del banco de semillas**. Es importante para los especialistas de malezas no perder de vista que la llave del mejoramiento del manejo de malezas en los países en desarrollo es la

comprensión de las condiciones abióticas y bióticas responsables del comportamiento y evolución de la flora de malezas en los trópicos y sub-trópicos.

Los estudios sobre la **biología de varias especies de malezas tropicales** han sido realizados por varios especialistas de malezas en países en desarrollo, pero muchos de estos estudios no se han conducido en el ambiente apropiado.

Poco se ha hecho sobre **el monitoreo regular de las infestaciones de malezas y las pérdidas posibles de cosecha**. En muchos países del mundo en desarrollo **sistemas efectivos de evaluación de malezas en campo** son desconocidos y así no es posible predecir las infestaciones de malezas en los cultivos venideros.

Muchos autores han estudiado **los periodos críticos de competencia de malezas** en varios cultivos, pero los datos disponibles necesitan ser sistematizados.

Existe una vaga idea sobre el fenómeno de **alelopatía** en muchos países en desarrollo y en algunos otros, este problema es completamente desconocido. Poco se ha hecho en lo relativo al uso de cultivos alelopáticos para el control de malezas.

Poca atención se le ha prestado a los estudios de **Economía del control de malezas** en sistemas de pequeños agricultores. Tales estudios deben ser tomados en consideración, ya que distintos criterios económicos relacionados con el control de malezas al nivel de toda la finca pueden tener un gran impacto en la economía de los pequeños agricultores.

Todos estos problemas y otros necesitan ser estudiados y considerados como criterios básicos para el desarrollo ulterior de las tecnologías de manejo de malezas.

Aunque las economías desarrolladas se apoyan fuertemente en la práctica del control químico, es también cierto que en esta parte del mundo los estudios de ecología de malezas, interferencia y economía han sido realizados exitosamente. Por lo tanto, la transferencia de metodologías para tales estudios y los criterios resultantes pueden ser usados efectivamente para mejorar las prácticas de control de malezas en la agricultura de los países en desarrollo. Este conocimiento podría ser diseminado mediante la publicación y distribución de guías generales sobre investigaciones de malezas y adiestramiento en estos temas.

Para concluir esta sección, las malezas es un problema complicado; un manejo de malezas efectivo en su costo y ambientalmente seguro requiere de conocimientos básicos sobre eco-biología de malezas y la comprensión de los factores socioeconómicos que afectan la aceptación y la sostenibilidad.

Los elementos principales a ser incluidos en un programa de investigaciones sobre malezas son los siguientes:

- monitoreo de las especies de malezas predominantes y su abundancia,
- eco-biología de malezas, incluyendo dinámicas poblacionales y comportamiento del banco de semillas en el suelo.
- interferencia de malezas, incluyendo la competencia y la alelopatía, y
- mejoramiento de las medidas de control de malezas, tomando en consideración su influencia sobre la composición de malezas y el ambiente.

Terry (1996) puntualiza con razón que en el manejo de malezas existen deficiencias que deben evitarse a partir de experiencias ya sufridas en los países industrializados. En opinión de este autor, los elementos de eco-biología de malezas, interferencia y economía ya experimentados en las economías desarrolladas son los que deben ser aprendidos por los especialistas de malezas en los países en desarrollo.

3.3 Transferencia de tecnología

Cualquier resultado de investigación deberá ser efectiva y rápidamente transferido al agricultor. Es por ello, que los elementos de investigación de los estudios de malezas deben ser lo más práctico posible. Por ejemplo, hoy en día el modelaje es una herramienta diaria para predecir las pérdidas y el comportamiento de las plagas. Sin embargo, la factibilidad de su aplicación en el mundo en desarrollo será limitada debido a la carencia de equipos apropiados e infraestructura. Lo mismo es aplicable para los llamados umbrales económicos de malezas.

En el caso de las tecnologías de control de malezas, se hace necesario no olvidar que la aplicación de tecnologías sofisticadas generalmente usadas en Europa y Norteamérica no es factible en los sistemas de pobres recursos de los pequeños agricultores, que prevalecen en los países en desarrollo. Además, toda nueva técnica de control deberá ser probada previamente, así como su aceptación por los agricultores.

Los pequeños agricultores deben ser adiestrados en la utilización de todos los elementos y desarrollos en manejo de malezas. Es por esta razón que los servicios de extensión agrícola deben ser capacitados en temas relativos al manejo mejorado de malezas.

Finalmente, las técnicas de control de malezas no pueden solo basarse en el uso de los herbicidas, por lo que el manejo integrado, con componentes principales de prácticas de control cultural y físicas, deberá ser la vía para reducir efectivamente las infestaciones de malezas con riegos mínimos al ambiente y a la salud humana en la agricultura de los países en desarrollo.

La presente consulta en **Ecología y Manejo** ha sido convocada por la FAO a fin de evaluar los elementos esenciales para mejorar el manejo de malezas en los países en desarrollo, para discutir todos los problemas y consolidar recomendaciones de valor para futuros programas de manejo de malezas en el mundo en desarrollo.

REFERENCIAS

- Akobundu, I.O. 1996.** Principles and Prospects for Integrated Weed Management in Developing Countries. *In: IWCC Proceedings of the Second International Weed Control Congress*, vol 2. 25-28 June 1996, Copenhagen, Denmark, pp. 591-600.
- FAO. 1996.** Summaries of the papers of the World Food Summit, November 1996, Rome, Italy.
- Labrada, R. 1992.** Tropical Weeds: Status and Trends for Their Control. *In: IWCC Proceedings of the First International Weed Control Congress*, Vol 2. 17-21 Feb. 1992, Monash University, Melbourne, Australia, pp. 263-276.
- Labrada, R.,1996.** Weed Management Status in Developing Countries. *In: IWCC Proceedings of the Second International Weed Control Congress*, vol 2. 25-28 June 1996, Copenhagen, Denmark, pp. 579-589.
- Sauerborn, J. & J. Kroschel. 1996.** Underrated Methods of Weed Control and Their Use in the Agriculture of Developing Countries. *In: IWCC Proceedings of the Second International Weed Control Congress*, vol 2. 25-28 June 1996, Copenhagen, Denmark, pp. 611-621.
- Terry, P.J. 1996.** The Use of Herbicides in the Agriculture of Developing Countries. *In: IWCC Proceedings of the Second International Weed Control Congress*, vol 2. 25-28 June 1996, Copenhagen, Denmark, pp. 601-609.

ECOLOGIA

LA NECESIDAD DE LOS ESTUDIOS SOBRE ECOLOGIA DE MALEZAS PARA MEJORAR EL MANEJO DE MALEZAS

Martin Mortimer
Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz
PO Box 933, 1099 Manila, Filipinas
E-mail: M.MORTIMER@CGnet.com

RESUMEN

Las malezas son con frecuencia las principales limitaciones bióticas en la producción agrícola en los países en desarrollo, y la necesidad creciente de aumentar la producción agrícola establece un reto inmediato para los especialistas en la ciencia de las malezas. De igual importancia es la necesidad de proteger el ambiente y de asegurar una agricultura sostenible, lo que requiere de una evaluación crítica del impacto de tácticas individuales de control de malezas en el desarrollo de procedimientos del manejo integrado de malezas, así como la consideración de las consecuencias económicas, ecológicas y sociológicas de su uso. Este informe discute los antecedentes conceptuales de este enfoque desde una perspectiva ecológica. Se afirma que el enfoque de investigación participatorio- ecológico en malezas en colaboración con los agricultores, es un componente esencial en el desarrollo de un manejo sostenible de malezas.

I. Introducción

En 1979, en el primer volumen de la nueva revista *Protection Ecology*, Geier y Clark discutieron la naturaleza del control de plagas y preguntaron: '¿cómo deberá ser visto el futuro- como un proceso de producción o como ecología aplicada?' Sin duda el control de plagas es un proceso que proporciona un producto de rendimientos elevados a través de una protección vegetal. Sin embargo, el problema es la forma en que el producto se logra tomando en cuenta que los agro-ecosistemas (*sensu* Smith y Van den Bosch, 1967) son una consecuencia de la imposición de un sistema de producción, (*viz.* agricultura), y no una consecuencia del diseño ecológico (*sensu* El Jardín del Edén, o *Jannatun naim*). Dieciocho años más tarde, Blacklow (1997) reseñando el mismo tópico desde el punto de vista del 'manejo sostenible de malezas' concluyó que lo apropiado de las tecnologías específicas para el control de malezas debe ser la valoración por la sociedad, con sus legítimas preocupaciones, de la calidad del ambiente (ambas internas y externas al agro-ecosistema) y sobre el uso de los recursos para el control de malezas. En el centro del argumento, en ambas publicaciones, esta la manera en la cual el conflicto fundamental de incremento de la producción agrícola para consumo humano y la protección local, y cada vez más global, del ambiente se resuelve. Además, Richards (1985) cuestiona la aceptación de la suposición que la transferencia de soluciones 'avanzadas de altos insumos' será la solución del problema de malezas en los sistemas agrícolas de bajos insumos de los países menos desarrollados. Las pérdidas continuas debido a las malezas desigualmente distribuidas en los países y los agro-ecosistemas (Labrada, 1996), la evolución de la resistencia a los herbicidas (Gressel y Baltazar, 1996), los cambios de la flora de malezas en respuesta al manejo de malezas (Ho, 1991), la contaminación química de las fuentes de agua (Sieber, 1987) y la erosión del suelo a través del cultivo excesivo (Garrity, 1993) conllevan a la necesidad de desarrollar sistemas de manejo

de malezas, que sean sostenibles. Tal sustentabilidad puede aparecer a través del desarrollo del manejo integrado de malezas.

Teniendo en cuenta este antecedente, esta ponencia discute la necesidad de estudios ecológicos para mejorar el manejo de malezas en los países en desarrollo. Enfoques y metodologías específicas no son parte de este informe, ya que este tema es abordado por otros autores en otras publicaciones. La frase 'manejo de malezas' se favorece sobre 'control de malezas' debido a que este último implica una dominante que es, en muchos casos, ilusoria.

II. El Concepto de Manejo Integrado de Malezas (MIM)

El MIM se entiende a veces como la aplicación de numerosas tecnologías alternativas para reducir la abundancia de las malezas, incluyendo los medios culturales, genéticos, mecánicos, biológicos y químicos (Regnier y Janke, 1990). Sin embargo, en una definición de forma, Buchanan (1976) argumenta que el MIM incluye 'la selección deliberada, la integración y la implementación de medidas efectivas de control de malezas con *'debida consideración a las consecuencias económicas, ecológicas y sociológicas'*. En esta definición original está implícita la sugerencia de que existe la necesidad de evaluar los impactos de las tecnologías de malezas dentro de un amplio escenario sobre la reducción propia de la biomasa de malezas. Parte del diseño de los procedimientos de manejo integrado de malezas debe ser, por tanto, un análisis del impacto ambiental (Tabla 1) de cada uno de las prácticas integrantes (Tabla 2). A tal análisis es inherente, sin embargo, la necesidad de hacer un juicio de valor sobre los riesgos y beneficios relativos de cada componente como se discute más adelante.

Tabla 1. Cuestiones dentro de un análisis de impacto ambiental de los componentes de un programa de manejo integrado de malezas. En el análisis es necesario preguntar lo más apropiado utilizando cada componente (ver Tabla 2). Las preguntas no aparecen en orden de importancia.

El componente

- detiene el desarrollo de la abundancia de las malezas de tal manera que la interferencia con el rendimiento del cultivo está por debajo del nivel aceptable (daño económico) en el campo?
 - suprime la sucesión / sustitución de especies en la composición de la flora de malezas en el campo?
 - previene cambios en la estructura genética de las poblaciones de especies dentro de la comunidad de malezas que limitará las medidas existentes de control?
 - logra un manejo de la abundancia de malezas de una forma ambientalmente aceptable, sea reduciendo los residuos, conservando el suelo y protegiendo la biodiversidad en el agro-ecosistema?
 - 'compatibiliza' en términos de economía y factibilidad al nivel de toda la finca y con otras prácticas de manejo integrado de plagas? y
 - presenta una práctica socialmente aceptable que sea apropiada para las comunidades y sea igualmente adoptable o adoptada?
-

La Tabla 1 puede ser tomada como una abstracción académica de poca relevancia, pero que sirve al agricultor y también proporciona una lista de puntos a ser evaluada, por los encargados de políticas, en el impacto de las tecnologías existentes y las nuevas, así como un marco de trabajo para desarrollar la dirección de las investigaciones.

Al asegurar que la investigación ecológica para el control de malezas tenga un impacto máximo, es imperativo entender el contexto socioeconómico del sistema agrícola (Chambers *et al*, 1989, Scoones y Thompson, 1994). Esto es especialmente verdadero para sistemas agrícolas tropicales, que incluyen el multicultivo, asociación y rotación de cultivos, y barbechos de larga duración. Las externalidades en forma de normas culturales y socioeconómicas dictarán la aceptación de una nueva tecnología o promoción de la continuación de las ya existentes. Por ejemplo, los agricultores en los terrenos bajos de temporal de Filipinas, al alternar el arroz en la estación lluviosa por las hortalizas en la época seca, no tienen en cuenta la oportunidad del costo del desyerbe manual en hortalizas y pueden continuar con la práctica de desyerbe familiar; de forma similar se hace el desyerbe manual por las mujeres en Africa, lo que se considera como una norma (Akobundu, 1996), pero indeseable para muchos como norma. Además, la cuestión de que plantas son 'malezas' necesita ser detenidamente considerada (Price, 1997).

De esta forma entendemos los enfoques del agricultor y las limitaciones para el manejo de malezas al macronivel (sistema de cultivo), o sea el 'teatro ecológico', en el cual las malezas causan su daño al agricultor, y la fuente mayor de daño, (pérdidas de rendimientos), que ocurre debido a la competencia por los recursos limitantes en estadios claves del ciclo del cultivo. (Observe, sin embargo, que hay otras fuentes de daño que deben ser también consideradas dentro de una amplia perspectiva, Auld *et al*, 1987; Mortimer, 1990).

Tabla 2 Componentes de manejo de malezas que pueden ser integrados y utilizados secuencialmente. La lista es ilustrativa y no exhaustiva.

Agronomía	Intervenciones de Manejo
Preparación del terreno	Acolchado
Método para establecer el cultivo	Cultivación del terreno
Variedades Competitivas	Desyerbe manual
Asociación de cultivos	Desyerbe dirigido
Norma de semillas	Desyerbe químico
Pureza de la semilla del cultivo	Control biológico
Manejo del agua	Momento y frecuencia de la
Manejo de los fertilizantes	Intervención
Rotación de cultivos	
Diversidad de cultivos	

Las primeras tres cuestiones en la tabla 1 relacionan hasta un limite el daño al nivel de campo, y lo hacen de una manera sostenible debido a la ausencia de cambios de la

flora de malezas (sean cambios naturales o evolución por resistencia a los herbicidas) y de método económicamente efectivo de control. La cuarta es la validación de las prácticas de control de malezas, las que deben ser aceptables de no provocar efectos indirectos perceptibles desventajosos a los consumidores de productos agrícolas o al ambiente utilizado para tal producción. Yo utilizo la palabra 'perceptible' juiciosamente debido a que la validación involucra un juicio de valor en el contexto social y económico, que se relaciona, por ejemplo, con los niveles de producción (Pingali *et al.*, 1997), la utilidad relativa (Pandey y Pingali, 1996), la efectividad de costo (Ampong Nyarko y De Datta, 1991), la aceptabilidad ambiental (Hill *et al.*, 1997) y las implicaciones internacionales de comercio (Cullen, 1993). Una manifestación de los diferentes grados de aceptación es la introducción de niveles mínimos de residuos (en alimentos) como barreras comerciales y el consumo preferencial de alimentos 'libre de plaguicidas' (Williams, 1992). Otra manifestación es la de reconocer la necesidad de mantener un medio agrícola diverso, en el cual la biodiversidad del hábitat no cultivado se convierte en un recurso biológico para los depredadores en el manejo de insectos (Kenmore, 1996), lo que también sirve por razones éticas. Una tercera, en el mundo en desarrollo, es que hay tecnologías particulares listas para su mal uso debido al conocimiento insuficiente de los agricultores y carencia de acceso a fuentes correctas de información y equipos. Un ejemplo obvio, en sistemas intensivos de labranza, es el del uso de insumos químicos (nutrientes, plaguicidas) que resulta en residuos en la superficie y las aguas del suelo (Crosby, 1996), lo que conduce a un daño del ecosistema, en particular de la cadena acuática alimentaria o también a la salud humana (Pingali y Marquez, 1996).

Las opciones para el manejo de malezas que posee el agricultor son potencialmente diversas y altamente interactivas en su efecto, pudiendo clasificarse en dos clases, agronomía e intervención (Tabla 2). La agronomía del cultivo se define aquí como todas las prácticas a seguir para 'hacer crecer un cultivo sano' o alternativamente para minimizar la laguna de rendimiento (Teng, 1990) – siempre suponiendo que las malezas están ausentes. Estas son las prácticas que definen el hábitat escenario, las que de manera interespecífica seleccionan las especies que se incluyen en la flora de malezas (Mortimer 1994). Por ejemplo, en arroz irrigado, el tiempo, la profundidad y la duración de la inundación es una determinante crítica para el establecimiento satisfactorio de las malezas gramíneas (Smith y Fox, 1973; Pane y Mashor, 1996).

Un máximo deseable de trabajo en el desarrollo del MIM debe ser la intención de reducir el número de intervenciones *per se* y sus posibles impactos negativos. Las externalidades (por ejemplo, el acceso a los equipos) traerán consigo limitaciones, y es aquí donde los juicios de valor entran a jugar en el marco de lo que se entiende 'aceptable'. Sin embargo, para asegurar este máximo, es necesario lograr dos condiciones.

La primera será la de asegurar que existe un cambio de paradigma en los tópicos de investigación considerados como 'ciencia de las malezas' en las instituciones de investigación y universidades. Esto incluye el cambio del enfoque de investigación de estudios comparativos de intervenciones individuales (por ejemplo, nuevos herbicidas) a un análisis ecológico y sistemático de especies de malezas, comunidad de malezas y nivel de agro-ecosistema (Kropff y van Laar, 1993; Swanton y Weise,

1991). Los textos recientes reflejan esta vía de pensamiento (Cousens y Mortimer, 1995; Radosevich *et al*, 1997).

La segunda será la de desarrollar, en colaboración con los agricultores, sistemas de manejo integrado y sostenible de malezas, que aseguren altos rendimientos, optimicen los insumos, y disminuya la falacia de las soluciones a base de 'balas de plata'. En esencia, el desarrollo y la aplicación será un proceso de recursos, en el cual el conocimiento local y la experiencia de los agricultores son los recursos esenciales. El manejo integrado de malezas se convierte de por sí en un proceso intensivo de conocimientos. Como señalado por otros autores anteriormente, se tomarán los recursos de agricultores influyentes y experimentados, miembros de Programas Nacionales Agrícolas y ONG, investigadores destacados en academias e instituciones gubernamentales, trabajadores de extensión agrícola y representantes del sector privado a fin de desarrollar los programas de MIM y transferir las tecnologías avanzadas para su adopción (Ho, 1996).

III. Investigación Ecológica a Desarrollar por los Investigadores de Malezas para los Agricultores

Los estudios ecológicos de malezas y de su manejo pueden realizarse con una variada gama de objetivos - por ejemplo, a) comparación autecológica de especies de malezas; b) clasificación competitiva entre especies y evaluación de las pérdidas de rendimiento; c) evaluación del impacto de nuevas tecnologías en la dinámica (cambio de abundancia) de las especies de 'difícil control'; d) cuantificación de la estructura de la comunidad de malezas y análisis de sus causas; e) evaluación del carácter de invasora a escala de campo, regional y geográfico; y f) medición de los impactos de los componentes de MIM, por ejemplo, sobre organismos no objeto de control, sobre la conservación del suelo y la salud humana. Mientras que tales estudios contribuirán al conocimiento útil del manejo de malezas, uno se pregunta si la priorización de la investigación en los países en desarrollo es una cuestión importante. Para contribuir al debate de esta cuestión, cuatro aspectos deben discutirse.

1) Lotz *et al* (1990) puntualizó que no todas las especies no cultivadas en el campo son nocivas y que dentro del proceso del cultivo existe una biomasa no competitiva. Existe insuficiente información sobre muchas malezas para cuantificar el rango de su daño promedio potencial y su variabilidad, que emerge de las fuentes de variación inter-estacional. Ambos modelos empíricos y mecanísticos están ahora disponibles para sus mediciones (por ej. Cousens, 1985; Sattin *et al*, 1992, Kropff y Van Laar, 1993). Es de considerable importancia compartir este conocimiento con la percepción del agricultor sobre los 'niveles de daños' y la práctica en el manejo de malezas. La cuestión de si los umbrales económicos serán o no utilizados en la toma de decisiones para el manejo de malezas en los países en desarrollo es un punto discutible y puede resultar que las decisiones se deriven de umbrales de acción reforzados largamente por la experiencia de los problemas de malezas durante la estación precedente de cultivo (Moody, 1988). Cousens (1987) convincentemente discute los conceptos de umbrales y examina su valor críticamente. Un área relevante y urgente en la investigación de malezas es la de ayudar a los seleccionadores de plantas a producir variedades de cultivo competitivas, lo que probablemente vendrá a través de la comprensión de las

dinámicas de competencia de plantas dentro de enfoques eco-fisiológicos (Kropff y Bastiaans, 1997).

2) Necesitamos ser capaces de identificar y reconocer los factores biológicos y ecológicos que dominan la larga persistencia de especies en las comunidades de malezas, enfatizando las variaciones temporales y espaciales a nivel de campo (Mortimer *et al*, 1997a). Debido a que la persistencia de la mayoría de las especies de malezas es contingente sobre la presencia del banco de semillas en el suelo, el conocimiento de su dimensión y del flujo de semillas dentro de él, estrechamente relacionado con las prácticas de preparación del terreno, es esencial (Forcella y Burnside, 1993). Tal información junto con el de la profundidad de emergencia de las especies, perfila el diseño de las técnicas de preparación de la cama de cultivo, que ofrecen oportunidades para el control de malezas tropicales (Mortimer *et al*, 1997b). La rotación de cultivos y el barbecho de larga duración son posiblemente los medios más significativos de variación temporal en el hábitat de las malezas y las determinantes más potentes de su abundancia, tal y como lo ilustra la historia antigua de la agricultura. De igual importancia también es la comprensión de los factores agronómicos, especialmente la preparación del suelo y las prácticas de cosecha, lo que asegura la variación espacial en las condiciones del hábitat a nivel de campo y a la distribución en manchas de las malezas.

3) El valor y las limitaciones de los estudios de dinámicas de población de especies individuales de malezas necesitan ser integralmente evaluados. El grado de crecimiento de la población es un parámetro útil para indicar el cambio de la abundancia de malezas que puede resultar de los cambios en el manejo de malezas. El manejo incorpora todas las fases del ciclo de vida de una maleza, durante las cuales puede ocurrir la regulación y también la plasticidad fenotípica en la reproducción, algo que es muy común observar en las malezas. Sin embargo, predicciones de cambio (por análisis de sensibilidad) usando modelos empíricos tendrán una baja precisión y serán solo cualitativas, mientras que los modelos mecanísticos, al tomar en cuenta las variables gobernantes, pueden claramente mejorar la precisión. No obstante, las predicciones cualitativas serán de un valor considerable si son utilizadas para identificar la clave de los factores de manejo que tienen el mayor efecto, como promedio, para lograr niveles negativos de crecimiento poblacional (Cousens y Mortimer, 1995).

4) Las técnicas modernas de multivariación (Ter Braak y Prentice, 1988) ofrecen un potencial considerable para identificar rápidamente la importancia relativa de los factores de manejo de malezas en la determinación de la estructura de su comunidad. Cuando estas técnicas se aplican a comunidades de malezas manipuladas experimentalmente, estas proporcionan el primer paso hacia la predicción del potencial de cambios en la comunidad de malezas como respuesta al manejo.

IV. Investigación Ecológica en Colaboración con los Agricultores

Son bien conocidas las respuestas críticas y la no-aceptación por los agricultores de los consejos en manejo de plagas dados por los trabajadores de extensión agrícola (Millar, 1994). Tales observaciones proponen con fuerza que la transferencia al agricultor de los resultados de la investigación ecológica dentro del contexto del manejo integrado de malezas, incluya más elementos que una simple demostración en parcelas. Será necesario ilustrar, tanto a los trabajadores de extensión como a los agricultores, la *aplicación* del conocimiento ecológico. Las campañas estratégicas de extensión (Adhikarya, 1994) y las escuelas de campo para los agricultores (Kenmore, 1996) en manejo de insectos ilustran la importancia y el éxito del enfoque participatorio orientado del agricultor en esta dirección. Esto representa un nuevo reto para los investigadores de malezas, ya que el mismo involucra al agricultor desde el inicio en la investigación ecológica participatoria. Al inicio, solo como ejemplo, se requerirá realizar experimentos simples de campo (como una consecuencia de la discusión y debate coordinado) para indicar las fuentes de malezas (suelo y semillas del cultivo), las diferencias competitivas de las especies y los efectos de las respuestas plásticas de las malezas que sobreviven a las prácticas de manejo. Las innovaciones de los agricultores en el manejo de malezas han sido reseñadas por un número de investigadores (Chambers *et al.* 1989). Moody (1994) cita un número de ejemplos donde la experimentación independiente en el ámbito de campo ha conducido a mejoras y adaptaciones a la tecnología, lo que ha sido confirmado posteriormente por la investigación. Es por ello de esperar que un dialogo fructífero conlleve a una comprensión mas profunda de ambas partes.

Agradecimientos

Algunos de los conceptos e ideas expresadas en esta ponencia son re-expresiones de problemas presentados por el autor en la discusión de sus informes durante la Conferencia de MIP en Arroz 'Pueblo y Ciencia Integrada en el Manejo de Plagas en Arroz': 18-21 noviembre 1996, Kuala Lumpur, Malasia; y el taller satélite sobre Manejo de Malezas en Arroz en Malasia, 'Producción Sostenible de Arroz a través del Manejo Integrado de Malezas mas allá del año 2000': 13 - 14 septiembre 1997, Sungai Petani, Kedah, Malasia.

REFERENCIAS

- Adhikarya R. 1994** *Strategic extension campaign - a participatory-orientated method of agricultural extension*. FAO, Rome, 209 pp.
- Akobundu I.O. 1996** Principles and prospects for integrated weed management in developing countries. *Second International Weed Control Congress (Copenhagen)*, 2, 591 - 600.
- Ampong Nyarko K. & De Datta S.K. 1991** *A handbook for weed control in rice*. Manila (Philippines) : International Rice Research Institute, 113 pp.
- Auld B.A., Menz K.M. y Tisdell C.A. 1987** *Weed Control Economics*. Academic Press Sydney, 177 pp.
- Blacklow W. M. 1997** Sustainable weed management - fact of fallacy. In '*Integrated weed management towards sustainable agriculture*' 16th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, (ed) A. Rajan, Malaysian Plant Protection Society, Kuala Lumpur, pp 1 - 13.

- Buchanan G. A. 1976** Weeds and weed management in cotton. *Proceedings Beltwide Cotton Production Research Conference*, pp 166-168.
- Chambers R., Pacey A. y Thrupp L.A. 1989** *Farmer first*. Intermediate Technology Publications, London, England, 423 pp.
- Cousens R. D. 1987** Theory and reality of weed control thresholds. *Plant Protection Quarterly*, 2, 13 -20.
- Cousens R. D. y Mortimer A.M. 1995** *Weed population dynamics*. Cambridge University Press, 332 pp.
- Crosby D. G. 1996** Impact of herbicide use on the environment. In *Herbicides in Asian rice; transitions in weed management*, (ed) R. Naylor Palo Alto (California): Institute for International Studies, Stanford University and Manila (Philippines) : International Rice Research Institute, 95 - 108.
- Cullen R. 1993** Measuring the costs and benefits of plant protection. In *Plant protection : Costs, Benefits and Trade Implications*. (eds) D.M. Suckling and A.J. Popay, New Zealand Plant protection Society Inc, Rotorua, pp 89 - 94.
- Forcella F. y Burnside O.C. 1993** Pest Management - Weeds. In *Sustainable Agriculture Systems* (eds) J.L. Hatfield D. L. Karlen Lewis publishers, Boca Raton, pp 157 - 197.
- Garrity D. P. 1993** Sustainable land-use systems for sloping uplands in Southeast Asia. In *Technologies for sustainable agriculture in the tropics*, (eds) Ragland J and Lal R. American Society of Agronomy Special Publ., 56, 41 - 66.
- Geier P.W. y Clark L.R. 1979** The nature and future of pest control : production process or applied ecology. *Protection Ecology*, 1, 79 - 101.
- Gressel J. y Baltazar A.M. 1996** Herbicide resistance in rice: status, causes and prevention. In B.A. Auld and K.-U. Kim (Eds) *Weed Management in Rice*, FAO Plant Production and Protection Paper 139, FAO, Rome, pp 195 - 238.
- Hill J. E. y Hawkins L. S. 1996** Herbicides in United States Rice production: lessons for Asia. In *Herbicides in Asian rice; transitions in weed management*, (ed) R. Naylor Palo Alto (California): Institute for International Studies, Stanford University and Manila (Philippines) : International Rice Research Institute, pp 37-54.
- Ho Nai-Kin 1991** *Comparative ecological studies of weed flora in irrigated rice fields in the Muda Area*. MADA Monograph No 44, Malaysia 97 pp.
- Ho, Nai-Kin 1996** Importance of strengthened weed research and extension linkage in the developing world. *Second International Weed Control Congress (Copenhagen)*, 3 , 675 - 684.
- Kenmore P. E. 1996** Integrated pest management in rice. In *Biotechnology and integrated pest management*, (ed) G.J. Persley CAB International, pp 214 -232.
- Kropff M J y Bastiaans L 1997** Advances in weed-crop ecophysiological research and their contributions towards attaining sustainability in agricultural production systems. In *'Integrated weed management towards sustainable agriculture'* 16th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, (ed) A. Rajan, Malaysian Plant Protection Society, Kuala Lumpur, pp 14 - 22.
- Kropff M. J. y Van Laar H. H. 1993** *Modelling crop-weed interactions*. Wallingford, CAB International, 274 pp.
- Labrada R. 1996** Weed management status in developing countries. *Second International Weed Control Congress (Copenhagen)*, 2, 579-590.

- Lotz L.A. P., Kropff M. J. y Groeneveld R.M.W. 1990** *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 30, 711-718.
- Millar C. 1994.** Agricultural discourses : farmer experimentation and agricultural extension in Rwanda. In *Beyond farmer first*, (eds) I. Scoones I. and J. Thompson,. Intermediate Technology Publications, London, England, pp 158-173.
- Moody K. 1994** Farmer Environment Assessment : a tool for weed research, planning and implementation. *Philippines J. Weed Science Special issue* 12-28.
- Moody, K. 1988** Developing appropriate weed management strategies for small-scale farmers. In *Weed management in agroecosystems : ecological approaches*, (eds) M.A. Altieri and M. Liebman, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, USA.
- Mortimer A. M. 1994** The classification and ecology of weeds. In *Weed management for developing countries*, (eds) R. Labrada, J. Caseley and C. Parker, FAO, Rome, pp 7 - 20.
- Mortimer A.M. 1990** The biology of weeds. In *The Weed Control Handbook - Principles*, (eds) Holly, K. and Hance, R., Blackwell Scientific Publications, pp 1 - 42.
- Mortimer A.M., Lubigan R. y Migo T. 1997** (a) Weed community dynamics in direct seeded rice - what we still need to know. In *'Integrated weed management towards sustainable agriculture'* 16th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, (ed) A. Rajan, Malaysian Plant Protection Society, Kuala Lumpur, pp 229 - 232.
- Mortimer A.M., Lubigan R. y Piggin C. 1997** (b) Constraints and opportunities for weed management in rainfed lowland rice. *Brighton Crop Protection Conference - Weeds*, 1, 191-196.
- Pandey S. y Pingali P. L. 1996** Economic aspects of weed mangement in rice. In *Weed management in rice*, (eds) B.A. Auld and K.-U.Kim, FAO Plant Production and Protection Paper 139, Rome pp 53 - 71.
- Pane H. y Mashor, M. 1996** Effect of flooding depths on seed germination of red sprangletop (*Leptochloa chinensis* (L.) Nees). *Journal of Bioscience* 7: 71-78.
- Pingali P.L. y Marquez C.B. 1996** Herbicides and rice farmer health : a Philippine study. In *Herbicides in Asian rice; transitions in weed management*, (ed) R. Naylor Palo Alto (California): Institute for International Studies, Stanford University and Manila (Philippines) : International Rice Research Institute, pp 55 - 68.
- Pingali P.L., Hossain M. y Gerpacio R.V. 1997** *Asian Rice Bowls - the returning crisis ?* IRRI / CAB International, 341 pp.
- Price L. L. 1997** Wild plant food in agricultural environments: A study of occurrence, management and gathering rights in Northeast Thailand, (unpublished MS).
- Radosovich, S. R. Holt J. y Ghera C. 1997** *Weed ecology, implications for management*. Wiley NY, 589 pp.
- Regnier E.E. y Janke R.R. 1990** Evolving strategies for managing weeds. In *Sustainable Agricultural Systems*, (eds) C.A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R.H. Miller, and G. House, Soil and water Conservation Society Ankeny, Iowa, 174 - 202.
- Richards P. 1985** *Indigenous Agricultural Revolution*. Unwin Hyman Inc, London, 193 pp.

- Sattin M., Zanin G. y Berti A. 1992** Case history for weed competition / population ecology : velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) in corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, 6, 213-219.
- Scoones I. y Thompson J. 1994** *Beyond farmer first*. Intermediate Technology Publications, London, England, 301 pp.
- Sieber J N 1987 Review and 1985** national workshop summary. In *Proceedings of the national workshop on pesticide waste disposal 1986 EPA/600/9-87/001*, Ft. Washington (Pennsylvania), JACA Corp.
- Smith R.F. y Van den Bosch R. 1967** Integrated control. In *Pest Control ; biological, physical and selected chemical methods* (eds) W.W. Kilgore and R.L. Doutt, Academic Press, NY, pp 295 - 340.
- Swanton C.J. y Weise S. F. 1991** Integrated weed management: the rationale and approach. *Weed Technology*, 5, 657-663.
- Teng P.S. 1990** Crop loss assessment : a review of representative approaches and current technology. In *Crop Loss Assessment in Rice*, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, pp 19 - 38.
- Ter Braak C.J.F. y Prentice I.C. 1988** A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research*, 18, 271-317.
- Williams R.J. 1992** Management of weeds in the year 2000. In *Pest management and the environment in 2000*, (eds) A.A.S.A. Kadir and H.S. Barlow, CAB International, pp 257 - 269.

LA APLICACION DE LA ECOLOGIA DEL BANCO DE SEMILLAS EN EL MANEJO DE MALEZAS

Frank Forcella

Servicio Agrícola de Investigaciones, USDA
Laboratorio de Conservación de Suelos del Norte Centro
Laboratorio de Investigaciones
Morris, MN 56267, EE.UU.

E-mail: fforcella@mail.mrsars.usda.gov.

RESUMEN

El conocimiento de la ecología del banco de semillas tiene aplicaciones directas de manejo. Los bancos de semillas son notoriamente difíciles de analizar con altos niveles de exactitud estadística, pero tal exactitud puede ser innecesaria para la aplicación de la información del banco de semillas a las decisiones de manejo. Consecuentemente, los bancos de semillas de muchos terrenos cultivables pueden ser muestreados adecuadamente con menos tiempo, esfuerzo y gastos que lo supuesto originalmente.

La latencia de los componentes del banco de semillas es también importante para las decisiones de manejo. La latencia o dormancia es específica de cada especie y regulada por un complejo de factores, pero cierto progreso se ha logrado recientemente en su predicción e inducción a nivel de campo. Aun un progreso mayor se ha hecho en el pronóstico de las plántulas y la emergencia, el cual es posiblemente el tipo más crítico de información ecológica necesaria para un manejo eficaz de malezas.

Sin embargo, más investigación adicional será necesaria, especialmente para especies de malezas tropicales, a fin de aplicar los principios emergentes de la ecología del banco de semillas al manejo de malezas.

I. Introducción

Los bancos de semillas de malezas proveen un considerable potencial informativo anticipado a los encargados del control de malezas. Sin embargo, la agudeza de esta información depende grandemente del nivel de conocimiento ecológico de las malezas que disponga el especialista encargado. A pesar que una visión perfecta es imposible, el conocimiento ecológico sirve como medio de ayuda al especialista para enfocar mejor el espectro de prácticas disponibles de manejo. El objetivo de esta ponencia es la describir los tipos y límites de la información ecológica y el conocimiento requerido por el especialista a la hora de la toma de decisiones apropiadas agronómica y económicamente. Estos tópicos incluyen el muestreo del banco de semillas, el potencial de emergencia y el momento de emergencia.

II. Muestreo del Banco de Semillas

El número de semillas viables por especies en un banco de semillas es un dato especialmente útil para los especialistas de malezas. Las densidades de semillas viables en el banco de semillas establecen el nivel de infestación potencial de un terreno

cultivable. Aun en el caso que todo el nivel de infestación potencial no se haya llegado a concretar en un determinado año, la utilidad de este tipo de información ha sido ya informada para el manejo de malezas en cultivos de granos, tales como el maíz y la soya (Forcella et al. 1996b).

Desdichadamente, la colección de datos del banco de semillas es costosa e implica bastante tiempo. Los altos costos reflejan tres aspectos en la colección de datos. Primeramente, un número grande de muestras (por ej. muestras de suelo) deben ser tomadas de cada campo a partir de estimados confiables de las densidades del banco de semillas. Algunos equipos de investigaciones han determinado que por lo menos 100 muestras de suelo deben ser recogidas y procesadas para tener un 95% de confiabilidad en los datos a obtener (Goyeau y Fablet 1982, Barralis *et al.* 1986, Benoit *et al.* 1989, Zanin *et al.* 1989, Dessaint *et al.* 1992). En segundo lugar, aun con equipamiento moderno, tales como elutriadores (Wiles et al. 1996), y centrifugas (Buhler y Maxwell 1993), la separación de las semillas del suelo es un proceso tedioso y costoso. Hasta que los analizadores automáticos de imagen sean mejorados (Buhler y Maxwell 1993), la vista humana permanecerá como la mejor herramienta para identificar las semillas al nivel de especies. De hecho, este último proceso puede ser el paso más limitante para todos los aspectos del muestreo del banco de semillas en términos de tiempo y dinero (Wiles *et al.* 1996).

El método de análisis “emergencia de plántulas” del banco de semillas evita los problemas de separación de semillas del suelo y la identificación inherente de semillas en el método de “extracción de semillas”. En este método un número múltiple de muestras del suelo de un campo puede ser agregado, completamente mezclado, tomado a 2 - 5 cm de profundidad del suelo y llevado a una simple bandeja, para luego guardarlo en condiciones favorables para promover su germinación. Las plántulas emergidas son cuantificadas por especies después de 2 o 3 semanas. Después de este conteo, el suelo en las bandejas se seca, se remezcla completamente y el ciclo se repite. Para malezas en suelos de terrenos cultivables, 2 o 3 ciclos es a menudo suficiente para estimar los bancos de semillas (Forcella 1993). De esta forma, por lo menos 4 semanas se requieren para procesar las muestras usando el método de emergencia de plántulas. De realizarse debidamente, el método permite las proyecciones a tiempo de las poblaciones subsiguientes de malezas (Forcella 1992).

A pesar de los impedimentos para cualquier método de muestreo del banco de semillas, hay suficiente espacio para optimismo con el uso de los datos del banco de semillas para propósitos de manejo de malezas. Este optimismo es mayor debido a que la necesidad de exactitud en la estimación del banco de semillas puede ser no tan alta como se suponía anteriormente. La mayoría de los análisis de los protocolos de muestreo de los bancos de semillas suponen implícitamente que el 95% de confiabilidad estadística es necesaria (Goyeau y Fablet 1982, Barralis *et al.* 1986, Benoit *et al.* 1989, Zanin *et al.* 1989, Dessaint *et al.* 1992). Aunque esta suposición puede ser bien válida, la misma probablemente se basa más en una tradición estadística que en su aplicabilidad al manejo de malezas. Naturalmente, altos niveles de precisión y exactitud son importantes a la hora de determinar las densidades del banco de semillas para algunos propósitos; por ejemplo, pronósticos demográficos de varios años. Sin embargo, el conocimiento de si el banco de semillas de *Amaranthus*

contiene 950 o 1000 semillas/m⁻² puede no ser importante para decidir en la realización del manejo de malezas. Si el banco de semillas contiene 95 o 1000 semillas/ m⁻² es probablemente de mucha mayor importancia. En otras palabras, las diferencias de densidades en el banco de semillas en términos de “rangos de magnitud” (1, 10, 100, 1000, etc.) son probablemente más importantes para las decisiones de manejo que las diferencias que se distinguen con un 95% de límites de confiabilidad. Estos puntos pueden ser ilustrados con ayuda de decisiones de manejo de malezas, tales como *WeedSim* (Swinton y King 1994).

WeedSim es una ayuda en la decisión, que utiliza las densidades del banco de semillas, de conjunto con otros parámetros de biología de malezas, a fin de determinar la estrategia de manejo de malezas que aumenta la ganancia del agricultor después de tomar en cuenta variables, tales como rendimiento esperado del cultivo, precio de realización de la cosecha, costos de manejo, competencia entre cultivo y malezas, y otros. Nosotros podemos incluir diferentes densidades de banco de semillas en este programa de software y observar la sensibilidad de las recomendaciones a las diversas densidades. La figura 1 ilustra los tipos y costos de las recomendaciones de manejo que aumentarían la utilidad en el cultivo de maíz a partir de distintas densidades de semillas de malezas en un banco de semillas compuesto de *Setaria faberi*. Primeramente, observe que el eje x (densidad del banco de semillas) en esta figura está sobre una escala logarítmica. En segundo lugar, observe que las recomendaciones de *WeedSim* cambia solo cinco veces mientras que la densidad del banco de semillas varía a lo largo de cinco ordenes de magnitud, desde 1 hasta 100,000 semillas/m⁻². Esta información indica que las prácticas de manejo de malezas son de hecho sensibles a cambios en las densidades del banco de semillas, pero no altamente sensibles. Esto también propone que los esquemas de muestreos del banco de semillas que se plantean con una confiabilidad estadística del 95% son más exactos de lo que realmente se requiere para tomar las decisiones de manejo de malezas.

Si para tomar las decisiones de manejo de malezas no se requieren altos niveles de exactitud y precisión, entonces, ¿cuántas muestras de suelo deben ser tomadas adecuadamente en un campo? Algunas de las mejores publicaciones enfatizan que una confiabilidad estadística del 95% (Goyeau y Fablet 1982, Barralis *et al.* 1986, Benoit *et al.* 1989, Zanin *et al.* 1989, Dessaint *et al.* 1992) ayudan a resolver el problema. Por ejemplo, utilizando los coeficientes y ecuaciones informadas por Zanin *et al.* (1989; figura 1, muestras de noviembre), y suponiendo una media de 5 semillas por muestra de suelo y un buen nivel de precisión del 20%, entonces las intensidades necesarias de muestreo para determinar la densidad del banco de semillas podrían ser 6, 15, 34, 57 y 80 muestras de suelo por campo con niveles de confiabilidad estadística de 40, 60, 80, 90 y 95%, respectivamente. El nivel de confiabilidad de 95% requiere demasiadas muestras a tomar y procesar por agricultores muy ocupados o consultores agronómicos. Por otro lado, las intensidades del muestreo asociadas con niveles de confiabilidad del 60% y 80% (15 y 34 muestras/campo) son mucho más prácticas para los análisis del banco de semillas en el manejo de malezas que para los estudios de investigación en malezas.

Otro enfoque, aun más simple, de este problema, es el de plasmar muestras de varianza contra el número de muestras, ya que el número de muestras del suelo

aumenta de 3 a valores mayores. La varianza de la muestra podrá ser alta e inestable con un número bajo de muestras. Como el número de muestras aumenta, la varianza eventualmente descenderá y se estabilizará. Llegado al punto de estabilización de la varianza, cualquier incremento en el número de muestras dará una pequeña información adicional relativa a la densidad de las semillas del banco de semillas. Las varianzas de la muestra se estabilizan con 10 a 15 muestras del suelo para parcelas individuales de investigación en un rango de localidades (Forcella et al. 1992). Para campos reales de agricultores las varianzas de la muestra se estabilizan entre 20 y 40 muestras para especies comunes de malezas, tales como *Setaria viridis* y *Amaranthus retroflexus* (Figura 2). Aunque la exactitud inevitablemente aumentará con un número mayor de muestras, una pequeña información adicional sobre las densidades de semillas se alcanzará con muestras del suelo por encima de 20 a 40 por campo a evaluar.

Suponiendo que las densidades del banco de semillas puedan ser determinadas con suficiente exactitud, el valor de esta información es aun limitado. La limitación emerge por dos razones. Primero, las semillas en el suelo existen en varios estados de latencia en cualquier punto de tiempo. O sea, aun los bancos de semillas de altas densidades pueden originar solo poblaciones esparcidas de plántulas si la mayor parte de las semillas está latente. Contrariamente, bancos de semillas de baja densidades pueden originar poblaciones relativamente densas de plántulas si la mayor parte de las semillas no está latente. En segundo lugar, cuando las semillas tienen la habilidad de germinar, ellas lo hacen por períodos prolongados de tiempo. Esto significa que el momento de muestreo del banco de semillas y, por consiguiente, de la evaluación de la población de plántulas debe ser coordinada temporalmente. Dicho en pocas palabras, los bancos de semillas deben muestrearse antes de la emergencia de las plántulas. Sorprendentemente, este credo lógico fue abandonado en muchos estudios de bancos de semillas informados en la literatura.

De esta forma, dos aspectos importantes de la biología de las malezas deben ser considerados para hacer un uso completo de la información sobre la densidad del banco de semillas. Me refiero a estos problemas como potencial de emergencia y momento de emergencia, y ellos serán descritos en las siguientes secciones.

III. Potencial de Emergencia

Las semillas de muchas malezas anuales de verano están latentes cuando ellas se desprenden de sus plantas progenitoras. Aun semillas más viejas en el banco de semillas pueden estar en estado de latencia al final del verano. A veces, durante el siguiente otoño, invierno y/o al comienzo de la primavera, una proporción de estas semillas se capacita para su germinación. En este momento ellas tienen un máximo “potencial de emergencia”. Los potenciales máximos de emergencia de algunas especies han sido informados por Forcella et al. (1997). Los ejemplos incluyen a *Setaria faberi* 100%, *Abutilon theophrasti* 54%, *Polygonum pennsylvanicum* 49%, *S. viridis* 21%, *Amaranthus* spp. 13%, *Chenopodium album* 10% y *P. convolvulus* 5%.

El potencial máximo de emergencia, sin embargo, es con poca frecuencia ejercido por estas especies. Ciertas condiciones ambientales pueden tener lugar en la primavera o al inicio del verano, las que son conocidas como “latencia secundaria” en algunas de

estas especies. Nosotros aun no conocemos las condiciones que inducen la latencia secundaria en la mayoría de las especies susceptibles a la latencia secundaria. Sin embargo, si hemos sido capaces de estimar estas condiciones en algunas especies basado en las relaciones empíricas entre la proporción del banco de semillas que emerge en el curso de una temporada completa de cultivo y las situaciones que tienen lugar en determinados días en la primavera o al inicio del verano (Forcella et al. 1997). Las partidas de los potenciales máximos de emergencia pueden predecirse para algunas especies basadas en las temperaturas diarias con el uso de un software conocido como *WeedCast* (Reese y Forcella 1997, Forcella 1998). Predicciones similares para la mayoría de las especies aguardan por esfuerzos mayores y detallados de investigación.

La información del tiempo real sobre el nivel de latencia en los bancos de semillas de malezas dota a los productores y a los consultores agrícolas de un conocimiento de valor (Forcella et al. 1996a). Tal conocimiento permite llegar a decisiones racionales sobre la necesidad, grado y tipo de manejo de malezas. Por ejemplo, supongamos que el banco de semillas contiene 2000 semillas/m² de *S. faberi* y que el maíz será el cultivo. El nivel de latencia en ese banco de semillas determinará el grado subsiguiente de infestación de malezas, la pérdida potencial del rendimiento del cultivo y el tipo de control de malezas necesario para reducir el nivel de infestación que afecta la pequeña pérdida de rendimiento.

Nosotros podemos examinar los efectos de inducción de la latencia secundaria en el banco de semillas de *S. faberi* sobre las densidades esperadas de malezas, el potencial de rendimientos del maíz, las estrategias variables de control y la rentabilidad, todo eso a través de las recomendaciones emanadas de las combinaciones de predicciones *WeedCast* y *WeedSim* (Swinton y King 1994). Si la latencia es inducida en tres distintos momentos, digamos el 19 de abril, 9 de mayo y 18 de mayo, entonces el potencial de emergencia sería 20, 50 y 80%, respectivamente (Forcella et al. 1997). De esta forma, el número potencial máximo de plántulas derivado de un banco de semillas de 2000 semillas sería 400, 1000 y 1600 plántulas/m² de *S. faberi* para estos tres niveles de emergencia potencial. Suministrándole estas tres densidades de plántulas de forma independiente a la ayuda de manejo *WeedSim*, las recomendaciones de manejo resultantes son (1) ningún control, (2) azadón rotatorio y (3) atrazina aplicada al suelo, respectivamente (cada una de conjunto con el cultivo entre hileras, el cual está ya supuesto por el modelo *WeedSim*). De esta forma, como la inducción de la latencia secundaria se retrasa, las densidades de malezas aumentan y el manejo de malezas se intensifica en correspondencia.

Escenarios más complicados, pero más realistas, pueden ser también examinados. Por ejemplo, supongamos que la inducción de la latencia secundaria para especies tales como *P. pensylvanicum* y *S. faberi* tiene lugar tempranamente (el 6 de abril) para un campo de soya. Si el total del banco de semillas es de 2000 semillas (1000 semillas de cada especie), las densidades resultantes en el suelo después de un pase de arado, el cual incorpora profundamente muchas semillas (ineptas para germinar) (Forcella et al. 1996a), serían 33 plántulas/m² de *P. pensylvanicum* y 87 de *S. faberi*. *WeedSim* solo recomendaría el pase de azadón rotatorio para el control de este nivel de infestación. Sin embargo, si la latencia de *P. pensylvanicum* es nuevamente inducida el 6 de abril,

pero la inducción de la latencia de *S. faberi* se retrasa hasta el 10 de mayo, entonces 33 plántulas/m² de *P. pensylvanicum* y 434 de *S. faberi* sería lo esperado a emerger, lo cual daría una recomendación de *WeedSim* de usar el azadón rotatorio seguido de una aplicación costosa de pos-emergencia de sethoxydim. Claramente, el conocimiento de los efectos del tiempo en la inducción de la latencia secundaria permite a los directores agrícolas tomar las decisiones más informadas en tiempo real para el manejo de malezas.

IV. Tiempo de Emergencia

El momento, en el cual las plántulas de malezas emergen, es posiblemente el aspecto más crítico de la ecología y manejo de los bancos de semillas de malezas. Herramientas potentes de manejo como los herbicidas, son incluso categorizados de acuerdo a la emergencia de las malezas (o sea pre-emergente and pos-emergente). Es por esta razón que el conocimiento de los patrones de emergencia de malezas y los efectos microclimáticos sobre la emergencia de las plántulas se han tratado de acomodar a un alto nivel de sofisticación. Sorprendentemente y desdichadamente, esta idea es un error. Solo relativamente reciente se han hecho intentos serios para desarrollar las herramientas de predicción basadas en la comprensión de las respuestas al microclima de las semillas de malezas y de sus plántulas en el ámbito de campo.

Los modelos mecanísticos de plántulas, que son sensibles a las temperaturas, potencial hídrico del suelo y otros factores, son muy raros. Vleeshouwers (1997) da una buena reseña de los modelos existentes. Aunque estos modelos han tenido algún éxito, los mismos no han sido adoptados ampliamente por los asesores agrícolas, agricultores y por otros científicos. Hay un número de razones probables por la que estos modelos no son adoptados por algunos clientes potenciales, pero dos de ellas son evidentes, especificidad de lugar y poca compatibilidad de los modelos. En otras palabras, los modelos más corrientes funcionan solo en situaciones locales y son difíciles de usar por cualquier otro que no sean los mismos que los desarrollaron .

Para facilitar el uso de las predicciones de emergencia basadas sobre los resultados de la investigación, el programa de software *WeedCast* (Reese y Forcella 1997, Forcella 1998) fue adaptado para incorporar dos conjuntos básicos de ecuaciones para cada especie de varias malezas anuales de verano. El primer conjunto de ecuaciones describe la relación empírica entre la emergencia de las malezas y el índice acumulativo en el suelo de Grados Días de Crecimiento (GDC) cuando la humedad del suelo es alta. El GDC del suelo es el promedio diario de temperatura del suelo a 5 cm de profundidad menos 4.4 C. El segundo conjunto de ecuaciones esencialmente le dice al primer conjunto de igualar el valor diario de GDC del suelo a 0 en cualquier día cuando la humedad del suelo cae por debajo del nivel de umbral que es característico para cada especie.

Las ecuaciones usadas por *WeedCast* se derivan de la temperatura del suelo, la humedad estimada del suelo y el momento/fecha de emergencia de las plántulas que se registró en dos estudios separados. El primer estudio incluye 13 especies en el curso de 5 años desarrollado en el Vivero de Malezas de la Estación Rosemount de la Universidad de Minnesota. El segundo estudio también incluye 13 especies, y fue desarrollado por miembros del Comité Regional de Investigaciones NC-202. Estos

datos vinieron después de resultados de 10 años de estudio desde Ohio a Colorado y de Missouri a Minnesota (Forcella 1998, Forcella et al. 1998). Con todos estos datos se construyeron “curvas de emergencia”; o sea la emergencia acumulativa relativa llevada a gráfico contra la GDC acumulativa del suelo. Estos datos se sometieron a ecuaciones de Gompertz, pero las mejores ecuaciones no fueron usadas. Las ecuaciones Gompertz utilizadas por *WeedCast* son ecuaciones “de límite superior”. O sea, que ellas representan la emergencia de cada especie como si la humedad del suelo nunca limitase la emergencia. En realidad, sin embargo, la humedad del suelo frecuentemente limita la emergencia de las plántulas. La manera mediante la cual *WeedCast* toma en cuenta los efectos de la humedad del suelo se describe en el párrafo siguiente.

En todos los lugares y durante iguales años, los datos de emergencia fueron colectados y la humedad del suelo (MPa) a 5 cm se estimó diariamente. Estos valores diarios pueden ser luego visualizados para determinar el valor de umbrales para la inhibición de la emergencia de plántulas. Estos umbrales de humedad del suelo y las ecuaciones GDC (Gompertz) fueron luego combinados. En esencia, *WeedCast* estima los valores de humedad del suelo, y cuando estos valores diarios caen por debajo del valor de umbral para especies de malezas de interés, entonces los GDC no son acumulativos.

La acumulación de GDC no se resume hasta la próxima lluvia de significación. Por consiguiente, la emergencia de plántulas cesa durante los momentos secos y aumenta solo cuando la humedad del suelo está por encima del umbral Mpa diseñado.

Las ecuaciones usadas por *WeedCast* fueron probadas usando temperaturas diarias del suelo de lugar específico y datos de lluvias. Los resultados de los modelos preliminares fueron entonces comparados para observar las curvas de emergencia. Cuando una buena relación se ha encontrado, estas ecuaciones empíricas derivadas fueron entonces insertadas en el software de *WeedCast*.

Las aplicaciones de pronóstico del momento de emergencia de malezas son muchas y variadas, y solo un número de ejemplos se describirán en este y el siguiente párrafos. Ejemplo 1: Formas no-residuales de control de malezas en pre-plantación pueden ser altamente efectivas. Estas formas de control involucran típicamente la preparación del terreno, la cual puede incluir el uso de herbicidas incorporados al suelo en los sistemas de no labranza o el uso de discos o gradas en la labranza del suelo. La preparación temprana del terreno aumenta típicamente el contacto suelo-semilla, tanto para las malezas como el cultivo, y esto frecuentemente resulta en niveles altos de presión de malezas. Sin embargo, la preparación retrasada del terreno a través del uso del disco y la grada puede ser un medio efectivo de control de malezas (Gunsolus 1990), pero que simultáneamente conlleva a bajos rendimientos de cultivo debido a siembra tardía. La cuestión es la optimización; o sea, hasta que punto durante la temporada de siembra el terreno debe ser preparado para lograr el aumento simultáneo de los rendimientos del cultivo y la reducción de la densidad de malezas (Forcella et al. 1993). La mitad de este problema puede ser resuelto con investigaciones del grado de control realizado a través de la preparación del terreno con niveles variados de emergencia prevista de malezas. Por ejemplo, una relación casi lineal existe entre el control de *C. album* y el porcentaje de emergencia prevista al tiempo de la preparación

mecánica del terreno para el cultivo de la soya (Figure 3). En este ejemplo ninguna otra forma de control de malezas fue usada, excepto una práctica de cultivo entre hileras. Relaciones similares se han mostrado para otras especies (Forcella *et al.* 1993).

Ejemplo 2: Una vez el cultivo es plantado, las prácticas de manejo de malezas “aplicadas al suelo” pueden ser aun utilizadas, tales como las aplicaciones de los herbicidas pre-emergentes. El uso del azadón rotatorio y la grada puede ser considerado como formas de manejo de malezas aplicadas al suelo. Un problema con frecuencia confrontado por los productores en las regiones húmedas es la lluvia inmediata después de la siembra. Los suelos húmedos pueden limitar el tráfico de vehículos y, por consiguiente, la aplicación de herbicidas pre-emergentes. Después que los suelos se secan adecuadamente y resisten el paso de los vehículos, la cuestión que surge es la relativa al momento de aplicación del herbicida pre-emergente. ¿Será muy tarde, o las malezas permanecen lo suficientemente latentes para permitir la aplicación de este herbicida? Una comprensión de los porcentajes de la emergencia prevista y la eficacia del herbicida pre-emergente pueden responder a esta cuestión. Por ejemplo, un buen control de *S. viridis* en soya puede ser afectado en cualquier momento hasta un 5% de la emergencia pronosticada con una aplicación “pre-emergente” de metolachlor. Similarmente, el control de *A. retroflexus* es efectivo si metribuzin se aplica alrededor de hasta un 20% de la emergencia pronosticada (Figura 4).

Ejemplo 3: Un problema análogo es el momento de control mecánico de malezas, tales como el uso del azadón rotatorio y el cultivo entre hileras. Una regla de paso en los cultivos en hileras, es por ejemplo, el pase del azadón rotatorio entre 7 y 14 días después de la siembra. El uso de esta guía, sin embargo, resulta en niveles muy inconsistentes de control. Nosotros hemos encontrado control más consistente y de mejor pronóstico cuando las operaciones mecánicas son implementadas a niveles específicos de emergencia de malezas que en días después de la siembra (Oriade y Forcella 1997). Para un mejor control de *Setaria* spp., los azadones rotatorios y los cultivadores entre hileras pueden ser utilizados al momento de 30% y 60% de emergencia pronosticada de *Setaria*, respectivamente (Figura 5).

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Las mediciones de las densidades del banco de semillas y los pronosticos de la latencia de la latencia de las semillas de malezas y de la emergencia de las plántulas de malezas son posibles a pesar los posibles y variados errores encontrados en tales estimaciones y predicciones. La comprensión de los objetivos finales (recomendaciones de manejo) y un software de fácil manejo pueden hacer funcionales y disponibles estas estimaciones y predicciones en tiempo para los agricultores y los asesores agrícolas. Finalmente, las decisiones de manejo de malezas hechas de conjunto con estas estimaciones y predicciones aumentan la eficiencia de las operaciones agrícolas.

Figura 1. Costos de las recomendaciones de control de malezas hechas por *WeedSim*, un programa software para la decisión en el manejo de malezas (Swinton y King 1994) basado en densidades variables de *Setaria faberi* en el banco de semillas en el cultivo de maíz. Observe que las recomendaciones individuales son estables dentro de rangos relativamente amplios de las densidades del banco de semillas.

Figura 2. El coeficiente de variación de las densidades del banco de semillas y el número de muestras asociadas del suelo, de las que se derivan los datos. Los datos se originan de un campo comercial (80 x 800 m) con la rotación maíz-soya en la granja del Sr Ronald Barsness en el Condado Pope de Minnesota. Las líneas representan el promedio de los coeficientes de variación de una clasificación de 10 muestras aleatorias de un total de 96 muestras tomadas por pares en un espacio de 4 x 24 grid. Observe que la varianza se estabiliza más tempranamente para la especie más común, *Setaria viridis*, que para las poblaciones relativamente esparcidas de *Amaranthus retroflexus*. Sin tomar en cuenta las diferencias entre especies, de 20 a 40 muestras de

suelo parecen ser adecuadas para lograr el requisito de la información del banco de semillas para cada especie.

Figura 3. El control a mitad de estación de *Chenopodium album* debido a la preparación mecánica del suelo con un cultivador de campo y una grada a varios porcentajes de la emergencia pronosticada al momento de la siembra del cultivo. Ningún herbicida fue aplicado, pero las áreas entre las hileras de soya fueron

cultivadas alrededor de seis semanas después de la siembra. Adaptado de Forcella *et al.* (1993).

Figura 4. Control temprano de *Setaria viridis* (Fox) y *Amaranthus retroflexus* (Pig) con herbicidas pre-emergentes, metolachlor (2.5 kg ai ha⁻¹) y metribuzin (0.5 kg ai ha⁻¹), respectivamente. Los herbicidas fueron aplicados cuando cada especie fue prevista estar en uno de los cinco niveles de emergencia de plántulas.

Figura 5. Densidad relativa (opuesto del porciento de control) de *Setaria* spp. cuando sea el azadón rototario (R.H.) o el cultivo entre hileras (Cult.) desarrollado a porcentajes variados de emergencia. G/Y-95 y G/Y-96 se refieren a poblaciones

mixtas de *S. viridis* y *S. glauca* en Minnesota occidental durante 1995 y 1996; GiamN se refiere a las poblaciones de *S. faberi* en Minnesota oriental durante 1989-91; y Yel-NY se refiere a *S. glauca* en el estado de Nueva York. Adaptado de Oriade y Forcella (1998).

REFERENCIAS

- Barralis, G., R. Chadoeuf, J-P. Gouet. 1986.** Essai de determination de la taille de l'échantillon pour l'étude de semencier d'un sol. **Weed Research** 26: 291-297.
- Benoit, D.L., N.C. Kenkel, P.B. Cavers. 1989.** Factors influencing the precision of soil seed bank estimates. **Canadian Journal of Botany** 67: 2833-2840.
- Buhler, D.D. y B.D. Maxwell. 1993.** Seed separation and enumeration from soil using K₂CO₃-centrifugation and image analysis. **Weed Science** 41: 298-302.
- Dessaint, F., G. Barralis, E. Beuret, M.L. Caixinhas, B.J. Post, y G. Zanin. 1992.** Etude cooperative EWRS: la determination du potentiel semencier: II -- estimation de la precision relative sur la moyenne a partir de composites. **Weed Research** 32: 95-101.
- Forcella, F. 1992.** Prediction of weed seedling densities from buried seed reserves. **Weed Research** 32:29-38.
- Forcella, F. 1993.** Prediction of weed densities from the soil seed reservoir. **International Symposium on Integrated Weed Management for Sustainable Agriculture**. pp. 53-56. Indian Society of Weed Science, Hisar.
- Forcella, F. 1998.** Real-time assessment of seed dormancy and seedling growth for weed management. **Seed Science Research** 8: in press.
- Forcella, F., K. Eradat-Oskoui, y S.W. Wagner. 1993.** Application of weed seedbank ecology to low-input crop management. **Ecological Applications** 3: 74-83.
- Forcella, F., B.R. Durgan, y D.D. Buhler. 1996a.** Management of weed seedbanks. **Second International Weed Control Congress**, International Weed Science Society, Copenhagen. pp. 21-26.
- Forcella, F., R.P. King, S.M. Swinton, D.D. Buhler, y J.L. Gunsolus. 1996b.** Multi-year validation of a decision aid for integrated weed management in row crops. **Weed Science** 44: 650-661.
- Forcella, F., R.G. Wilson, J. Dekker, R.J. Kremer, J. Cardina, R.L. Anderson, D. Alm, K.A. Renner, R.G. Harvey, S. Clay, y D.D. Buhler. 1997.** Weed seedbank emergence across the Corn Belt. **Weed Science** 45: 67-76.
- Forcella, F., D.D. Buhler, R.L. Anderson, R.J. Kremer, R.G. Wilson, J. Cardina, J. Dekker, & A.E. Olness. 1998.** When weeds emerge: Robust empirical models. **Weed Science** (to be submitted).
- Goyeau, H. y G. Fablet. 1982.** Etude du stock de semences de mauvaises beres dans le sol: le problem de l'échantillonnage. **Agronomie** 2: 542-551
- Oriade, C. y F. Forcella. 1998.** Maximizing efficacy and economics of mechanical weed control in row crops through forecasts of weed emergence. **Journal of Crop Production** 1: in press.
- Reese, C.R. y F. Forcella. 1997.** *WeedCast* 1.1: Forecasting weed emergence and growth in crop environments. 3.6MB <<http://www.mrsars.usda.gov>>
- Swinton, S.M. y R.P. King. 1994.** A bioeconomic model for weed management in corn and soybean. **Agricultural Systems** 44:313-335.

- Vleeshouwers, L. 1997.** Modelling weed emergence patterns. Ph.D. Dissertation, Department of Theoretical Production Ecology, Wageningen Agricultural University, The Netherlands. 165 p.
- Wiles, L.J., D.H. Barlin, E.E. Schweizer, H.R. Duke, y D.E. Whitt. 1996.** A new soil sampler and elutriator for collecting and extracting weed seeds from soil. **Weed Technology** 10: 35-41
- Zanin, G., A. Berti, y M.C. Zuin. 1989.** Estimation du stock semencier d'un sol labore ou en semis direct. **Weed Research** 29: 407-417.

UNA SIMPLE TECNICA PARA PREDECIR LOS FUTUROS PROBLEMAS DE MALEZAS Y SELECCIONAR LAS MEJORES PRACTICAS PARA EL MANEJO DE MALEZAS

R. Gordon Harvey

Departamento de Agronomía

Universidad de Wisconsin--Madison

E-mail: RGHarvey@FACSTAFF.Wisc.edu

RESUMEN

Los agricultores deben ser capaces de predecir la severidad y la composición de especies de futuras infestaciones de malezas, para así hacer las decisiones más apropiadas de manejo de malezas. Técnicas simples pueden ser usadas, incluso por pequeños agricultores, para predecir los futuros problemas de malezas. Suponiendo que un agricultor realiza un trabajo razonable de manejo de las malezas que aparecen en sus campos cada año, las infestaciones previas de malezas pueden ser usadas para predecir las futuras infestaciones de malezas. Dejando pequeñas áreas sin desyerbar en los campos anualmente y registrando tales datos de densidades y especies presentes, la severidad del patrón del enmalezamiento puede establecerse y usarse para mejorar el futuro manejo de malezas. Después de la evaluación, las malezas podrían ser removidas de las áreas no desyerbadas para prevenir la producción de semillas. Las ligeras pérdidas de cosecha que pueden tener lugar en las áreas no desyerbadas resultan ser insignificantes cuando se comparan con los beneficios aportados por las decisiones mejoradas de manejo de malezas. Alternativamente, las muestras del suelo pueden ser tomadas anualmente de los campos, las malezas se dejan germinar, y se cuentan las plántulas de malezas. De nuevo, al registrar las densidades, los cambios en las poblaciones de malezas podrán ser anticipados.

Decisiones mejores de manejo de malezas son posibles si la magnitud de las pérdidas del rendimiento del cultivo causadas por diferentes niveles de infestación de malezas es pronosticada. Los pequeños agricultores pueden llevar a cabo estudios de pérdidas de cosecha mediante la implementación de diferentes niveles de manejo de malezas en pequeñas parcelas, para así registrar las diferencias en la severidad de las malezas y los rendimientos del cultivo. Al conocer los efectos de diferentes niveles de severidad de malezas sobre el rendimiento del cultivo, los umbrales económicos pueden ser desarrollados para facilitar decisiones apropiadas y económicamente útiles de manejo de malezas.

I. Introducción

Debido a la experiencia de muchos años en el buen manejo de malezas, muchos campos de maíz de Wisconsin (*Zea mays* L.), maíz dulce (*Zea mays* L.) y soya (*Glycine max* L.) poseen bajas poblaciones de malezas (Wagner, 1992). Estos campos son los primeros candidatos para las aplicaciones de los herbicidas a dosis reducidas, una práctica importante en un estado, donde la contaminación de las aguas subterráneas por herbicidas es grande (LeMasters y Harrar, 1990). Desdichadamente, la mayoría de los agricultores no pueden predecir la presión de malezas en sus campos. Ellos ven las malezas escapar de sus prácticas de manejo, pero no saben

cuantas especies y cuales estarán presentes sin la aplicación de las medidas de control de malezas. La carencia de esta información crítica conlleva a excesivas aplicaciones de herbicidas. Habiendo llevado a cabo estudios de bancos de semillas de malezas, los científicos de malezas de la Universidad de Wisconsin-Madison comprendieron la dificultad y los costos involucrados en el muestreo, separación y conteo de semillas de malezas en suelos (Forcella, 1992; Kropac, 1966; Schafer y Chilcote, 1970). Ellos también reconocieron la gran dificultad en predecir cuantas semillas encontradas en las muestras de suelo podrán germinar y crecer en los campos durante la época de cultivo. Ellos han también desarrollado estudios de interferencia cultivo- malezas y han comprendido la gran variabilidad en las reducciones de los rendimientos de los cultivos resultantes de la interferencia de las malezas en diferentes años y localidades (Bauer, et al., 1991; Mortenson y Coble, 1989). **Tiene que haber un proceso simple, mediante el cual los agricultores puedan predecir los efectos de futuras poblaciones de malezas sobre los rendimientos del cultivo, para así ayudarles a tomar las decisiones más apropiadas de manejo de malezas!**

Postulados sobre los que se basó el desarrollo de una técnica sencilla: En el proceso de desarrollo de un procedimiento simple para predecir los efectos de los futuros problemas de malezas, los científicos de malezas de la Universidad de Wisconsin, Madison hicieron las siguientes suposiciones:

1. Si las malezas que escapan no se les dejan producir semillas profusamente, la mejor predicción de los problemas futuros de malezas es el conocimiento de los problemas previos de malezas. De mantener registros a largo plazo de los problemas de malezas en parcelas testigos replicadas sin tratamientos en cada campo, los agricultores deberán ser capaces de no tan solo anticipar la severidad de las infestaciones de malezas, sino también de reconocer los cambios en la composición de especies de las poblaciones de malezas.
2. La severidad de los problemas de malezas puede ser detectada mediante el sistema de escalas de “presión de malezas” (PM). PM se define como la estimación visual del porcentaje, del cual las malezas contribuyen al volumen total de las malezas y el cultivo en una parcela. Las estimaciones de volumen fueron realizadas por la consideración simultanea de la altura y la superficies cubierta tanto por el cultivo como las especies de malezas, respectivamente. Un PM de 0 indicaba la total ausencia de malezas mientras que 100 indicaba la total ausencia de plantas de cultivo.
3. Las reducciones del rendimiento del cultivo causadas por todas las especies de malezas son todas similares cuando se compararon más sobre la base de PM que sobre la base del número por área (población).
4. Una población dada de malezas producirá resultados similares de PM en campos de maíz, maíz dulce y soya.

Bases para las suposiciones: La experiencia ha demostrado que los problemas de los agricultores con las malezas reflejan condiciones ambientales y prácticas agronómicas únicas en campos individuales. Por ejemplo, la textura del suelo, fertilidad, humedad,

pH y contenido de sales varían de un campo a otro. Agricultores individuales realizan labranza y otras prácticas culturales de forma diferenciada en determinados campos y ciertamente distinto a otros agricultores. Sería casi imposible modelar tal variabilidad. Por lo que se propuso que el historial previo podría ser un elemento de predicción más útil.

Antes de 1977, muchos malezólogos de EE.UU. evaluaban la eficacia de los herbicidas en pruebas de campo agrupando las malezas en gramíneas y especies de hoja ancha. En 1977, sin embargo, la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA) orientó que las agrupaciones de malezas se hicieran especie por especie. Los estudios de manejo de malezas a nivel de campo en Wisconsin siempre han sido llevados a evaluación de rendimientos. Los daños al cultivo, y la agrupación de malezas de hoja ancha y gramíneas pueden ser comparados para determinar la causa de la variación del rendimiento. Pero a la vez que EPA solicitó la agrupación de cada especie separadamente, esto conllevaba a menudo la inclusión de ocho a doce variables para ser consideradas en la evaluación de comportamiento de un tratamiento. Para simplificar la evaluación de los factores que afectan los rendimientos del cultivo, los investigadores de la Universidad de Wisconsin-Madison desarrollaron una evaluación visual simple descrita como Presión de Malezas (PM).

La PM fue estimada visualmente y los rendimientos del cultivo medidos directamente en ensayos de eficacia de herbicidas en maíz, maíz dulce y soya llevados a cabo de 1977 a 1981, y en 1990 (Harvey y Wagner, 1994). Los datos de parcelas en los que se observó fitotoxicidad herbicida o donde se aplicó altas dosis de herbicidas fueron omitidos de las evaluaciones. Los datos de 1640 campos de maíz, 138 de maíz dulce, y 1374 de soya fueron analizados. El porcentaje de reducción del rendimiento del cultivo (PRRC) para todos los tratamientos fue calculado en relación a los rendimientos de las parcelas desyerbadas manualmente o de los mejores tratamientos de cada prueba. Los análisis de regresión lineal de los PRRC y PM de maíz y maíz dulce fueron significativos ($P < 0.001$), con ecuaciones de regresión de $PRRC = 0.851WP$ ($r^2 = 0.70$) y $PRRC = 0.85WP$ ($r^2 = 0.66$), respectivamente. Los análisis de regresión no lineal de los datos de PRRC y PM de 1374 tratamientos en soya fueron significativos; sin embargo, la regresión lineal de 1154 tratamientos en soya con PM de 30 o menos fueron también altamente significativas ($P < 0.001$) y produjeron una ecuación de regresión más fácil de interpretar ($PRRC = 2.03PM$, y $r^2 = 0.45$).

La PM se determinó en 20 campos al sur de Wisconsin en 1990 y 1991 usando la técnica descrita abajo (Wagner, 1992). Los valores promedios de PM para los 20 campos muestreados en 1990 y 1991 fueron 23 y 25, respectivamente. Los valores de PM fueron relativamente bajos (menos de 10) en 47% y 65% de los campos muestreados en 1990 y 1991, respectivamente. Los valores de PM estuvieron en 0 a 92 en 1990, y 1 a 95 en 1991. Una regresión significativa ($r^2 = 0.89$, $p < 0.001$) de los valores de PM entre 1990 y 1991 de 20 campos apoyó la teoría que los valores de PM podrían ser usados para predecir los futuros problemas de malezas.

Las pruebas de eficacia de herbicidas usadas para calcular las regresiones de PM y de PRRC fueron conducidas en diferentes localidades, en años con precipitaciones sustancialmente diferente, con uno o más especies diferentes y de variedades de

cultivo. A pesar de estas diferencias, las regresiones de PM y PRRC fueron siempre altamente significativas, lo cual apoya la suposición que las reducciones de rendimientos del cultivo causadas por las malezas son similares cuando se comparan usando los valores de PM. En 1990 y 1991, parcelas replicadas de maíz, maíz dulce y soya fueron establecidas sin manejo alguno de malezas en un mismo campo. Los valores de PM fueron similares cuando los tres cultivos fueron plantados en hileras espaciadas a 76 cm, lo que apoya la hipótesis que una población dada de malezas producirá PM similares en estos cultivos.

La técnica propuesta para registrar la PM en campo: Una técnica simple fue desarrollada, probada en campo y luego descrita en un boletín de extensión para los agricultores y consultores agrícolas (Harvey, 1993). Los agricultores y los consultores agrícolas pueden ser fácilmente entrenados en el uso de esta técnica, y procedimientos similares pueden ser utilizados probablemente en cualquier parte del mundo.

II. Colección de datos de campo.

Se dejan aproximadamente áreas de testigo sin tratar de 3 por 3 m en por lo menos tres localidades representativas en cada campo. Esto puede hacerse fácilmente poniendo unas mantas plásticas sobre la superficie del suelo y antes de la aplicación del herbicida o simplemente invirtiendo una sección del aguilón de aspersión en distancias cortas en lugares apropiados en el campo durante la aplicación del herbicida. Las mantas plásticas se retiran después de la aplicación del herbicida. Las áreas testigos se marcan con estacas o banderillas de manera de localizarlas fácilmente. También puede utilizarse el sistema de posición global (SPG) para localizar las áreas testigo. El éxito depende de la germinación de las malezas que son representativas del campo y que son típica del área afectada por factores específicos, tales como tipo de suelo, su preparación y fertilidad, sistema de cultivo y preparación general del terreno. Cuando las plantas de maíz alcanzan los 60 a 75 cm de altura y las de soya 30 a 40 cm (aproximadamente 40 días después de la siembra y típicamente antes del cierre del follaje del cultivo), los valores de PM son estimados en cada área testigo. Al mismo tiempo, se identifican las especies primarias de malezas presentes en cada área testigo no tratada y se estima sus contribuciones relativas al total de PM. Los registros de PM y especies de malezas en cada campo deben mantenerse a largo plazo

Si la práctica convencional es la cultivar el área o de usar un azadón rotatorio, entonces áreas sin pase de estos tratamientos deben dejarse. Los valores estimados de PM resultantes ayudarán a determinar las prácticas de manejo de malezas necesarias más allá de las operaciones mecánicas. Si es incierto si el campo debe ser limpiado con el azadón rotatorio o cultivado en años sucesivos, entonces se deben levantar estos implementos antes de pasar por las áreas testigo

Después de obtenidos los valores de PM, se debe usar un aspersor manual para aplicar una solución al 2% de glifosato en las parcelas no tratadas. Alternativamente, las malezas pueden ser eliminadas con desyerbe manual. Esto evitará la reproducción de las malezas en las áreas no tratadas, así como el incremento de futuros problemas. No debe haber preocupación si el cultivo en las áreas no tratadas es eliminado o dañado por esta aplicación manual. El valor del cultivo dañado es relativamente bajo con respecto a los beneficios obtenidos del registro de los estimados de PM. Mientras ud

tiene glifosato en su aspersor manual, este puede utilizarse sobre manchas de malezas perennes que crecen en algunas partes del campo.

III. Predicción de las pérdidas de rendimiento del cultivo por falta de control de malezas .

Se debe usar la Tabla 1 para predecir el % de pérdida de rendimiento del cultivo de no haber programa de manejo de malezas en el campo. Esta tabla se deriva de las pruebas de control de malezas llevadas a cabo en la Universidad de Wisconsin-Madison durante un período de seis años, que abarcó un total de 1,640 campos de maíz, 138 de maíz dulce y 1,347 de soya (Harvey and Wagner, 1994). Se multiplicará el % de la pérdida prevista de rendimiento por un valor de rendimiento razonable y el precio anticipado por unidad producida para poder dar un posible valor de pérdida monetaria. Los agricultores deben reconocer que ellos perderán dinero si el valor de las pérdidas esperadas es inferior al costo de su programa de control de malezas.

TABLA 1. Pérdidas Anticipadas de Rendimiento del cultivo causada por varias presiones de malezas en programas sin ningún control.

Presión de malezas grado	Severidad del problema	Pérdidas de Rend. esperadas	
		Maíz dulce	Soya malezas
5	Ligero	4%	10%
10	Bajo	9%	20%
20	Moderado	17%	36%
40	Severo	34%	54%
80	Muy severo	68%	63%

IV. Selección de un programa de manejo.

A diferencia de muchos modelos de “umbrales”, esta técnica sencilla no implica que el agricultor deje de controlar las malezas. Más que todo, ella ayuda a los productores a seleccionar la estrategia de manejo de malezas que resulte menos costosa que la pérdida monetaria prevista debido a la falta de control de malezas. Cuando calculamos los costos de las opciones de manejo de malezas, se debe incluir los costos de prácticas mecánicas, tales como uso del azadón rotatorio y el cultivo, los costos por aplicación de herbicidas, y los costos de los herbicidas. La lista de malezas presentes en cada campo puede ser usada para seleccionar las opciones más efectivas de manejo de malezas a partir de un espectro anticipado de malezas. Se debe recordar que cuando la presión de malezas es ligera, el uso de dosis reducidas de herbicidas es más factible.

Ejemplos de como utilizar esta simple técnica:

Campo 1. Los registros muestran que el campo 1 está infestado de *Setaria faberi* Herm., bledo rojo (*Amaranthus retroflexus* L.), *Abutilon theophrasti* Medicus y *Chenopodium album* L. Los promedios de PM en los últimos tres años fueron de 6, 8 y 7, respectivamente, y las contribuciones a la PM por parte de *S. faberi*, bledo rojo, *A. theophrasti* y *C. album* fueron aproximadamente de 40%, 25%, 20% y 15%, respectivamente, en los tres años. La PM prevista para el siguiente año es de 7, de esta forma la pérdida esperada de rendimiento en ausencia de manejo es de cerca 6% para el maíz y el maíz dulce, y 14% para soya. Se calcula la pérdida potencial en valor del cultivo a desarrollar. Se selecciona una estrategia de manejo con actividad contra las cuatro malezas esperadas a crecer en el campo, que cuesta menos que la pérdida potencial.

Campo 2. Los registros muestran que el promedio de PM en los últimos tres años en el campo 2 fue de 4, 12 y 20, respectivamente. *A. teophrasti*, el millo salvaje (*Panicum milliaceum* L.), *Solanum ptycanthum* Dun. y el bledo rojo totalizaron 50%, 20%, 15% y 15% de PM en los últimos tres años. Pero, el millo salvaje llegó a 60% y 85% de PM total dos y un año antes, respectivamente. De esta forma, la PM y la contribución del millo salvaje a la PM ha sido en incremento. Las prácticas de manejo de malezas deben ser mejoradas! Se debe anticipar una PM mayor de 20 al siguiente año. Las pérdidas esperadas de rendimiento sin tratamiento serían de cerca del 17% en campos de maíz y maíz dulce, y de 33% en soya. El millo salvaje es más fácilmente controlable en soya (Harvey y Porter, 1990). Se debe considerar desarrollar un cultivo con un tratamiento apropiado que elimine a esta y a otras malezas presentes.

Campo 3. El campo 3 está siempre cultivado con cultivos en hileras. Por lo tanto, las tres áreas de control en el campo fueron cultivados antes de la estimación de la presión de malezas. La PM fue de 2 y 1, tres y dos años antes cuando el campo fue cultivado con maíz y soya, respectivamente. Las especies primarias de malezas observadas en los testigos cultivados fueron *C. album*, *S. faberi* y *A. teophrasti* y las proporciones relativas no cambiaron grandemente entre una temporada y otra. El pasado año, el trigo de invierno fue cultivado en un campo y un sistema para la estimación de PM en ese cultivo no estaba disponible. Como las malezas anuales de verano, que infestan típicamente al maíz y la soya son suprimidas en el trigo de invierno, se debe ignorar al cultivo de trigo del pasado año y anticipar una PM al año siguiente de 1 a 2. Las pérdidas esperadas de rendimiento con labores de cultivo para el control de malezas serían cerca de 2% en maíz y maíz dulce, y de 4% en soya. Este campo es un excelente candidato para el manejo de malezas con bajos insumos. Se debe considerar opciones como la combinación de azadón rotatorio con múltiples labores de cultivos para un programa completo de control mecánico, usando herbicidas pos-emergentes solo de ser necesario para controlar las malezas que escapan a las labores de cultivo, o usando dosis reducidas de herbicidas activos en el suelo en combinación con labores de cultivo a tiempo.

Otros beneficios del uso de esta simple técnica: En los EE.UU, los agricultores frecuentemente buscan la compensación de parte de los aplicadores de herbicidas comerciales o de productores de agroquímicos caso que los herbicidas fallen en

controlar las malezas o dañen a sus cultivos. Un buen arreglo de estas quejas sería facilitado si los testigos sin tratamiento son dejados en el campo. En ese caso, el crecimiento del cultivo y las malezas pueden ser directamente comparados tanto en áreas tratadas como no tratadas en un mismo campo. En años recientes, las agencias locales, estatales y federales del gobierno han pasado reglas restringiendo el uso de herramientas importantes de manejo de malezas (p. ej. quema, cultivo y químicos). Cuando se llevan estas cuestiones a la corte, los agricultores se ven incapaces de presentar información sobre la necesidad de uso de herramientas de "peligro". Si esta simple técnica fuera usada de forma rutinaria, los agricultores podrían presentar registros de la severidad de malezas, especies presentes, pérdidas previstas de rendimiento, etc. Esta información facilitaría los análisis de riesgo-beneficios requeridos por el gobierno para tomar decisiones regulatorias responsables.

Métodos alternativos para predecir las infestaciones de malezas: Observando visualmente la PM en las áreas no tratadas en un mismo campo es el único medio de predecir la futura infestación de malezas. En 1990 y 1991, Wagner y Harvey compararon diferentes métodos para predecir los futuros problemas de malezas. Lo que incluyó la colecta de muestras de suelo de los campos para identificar y cuantificar las semillas de malezas, ubicando también las muestras de suelo para cuantificar el número de plántulas de malezas emergentes, cosechando y midiendo la biomasa de especies individuales de malezas que crecen en las áreas no tratadas en los campos, y estimando las PM. Los coeficientes de regresión para los conteos de semillas de malezas, los conteos de emergencia en invernadero, los conteos de plántulas, los pesos de la biomasa de malezas en el campo, y al final las PM de 20 campos entre 1990 y 1991 fueron de 0.85, 0.69, 0.5, 0.96 y 0.89, respectivamente. Separando, identificando y contando las semillas de malezas fue el proceso más laborioso, mientras que la estimación de las PM fue el más eficiente. Los conteos de plántulas de malezas en campo fue el menos útil, posiblemente en razón que las condiciones ambientales variaron de un año a otro, y las primeras especies de malezas germinadas cada año suprimió la emergencia de otras especies. Pero, en general todas estas técnicas de monitoreo podrían ser desarrolladas en sistemas útiles de predicción.

Aplicación de esta técnica simple en los países en desarrollo: Desdichadamente, esta técnica simple tal y como fue desarrollada para su uso por agricultores de Wisconsin, no es directamente útil para los agricultores en otras partes del mundo. Esto se debe a que los valores de pérdidas previstas de rendimientos del cultivo indicados en la Tabla 1 fueron obtenidos de campos de pruebas de maíz, maíz dulce y soya en Wisconsin. Si estos cultivos son cultivados en otros lugares, nuevas ecuaciones de predicción de pérdidas de rendimiento se deberán derivar de cada área geográfica. Pero aun sin las predicciones de pérdidas de rendimiento, manteniendo los registros de severidad de malezas y de las especies presentes para campos individuales ayudarían a los agricultores a hacer más informadas las decisiones de manejo. Si el concepto de "escuelas de campo para el agricultor" es usado para instruir a los agricultores de los países en desarrollo en los principios de un manejo adecuado de malezas, los componentes de esta técnica podrían ser fácilmente una parte importante del curriculum. Los agricultores podrían ser adiestrados en el muestreo de malezas, determinación de PM e identificación de especies de malezas presentes. Si los estimados de PM no son apropiados para el sistema de cultivo, un procedimiento

alternativo para la predicción de la severidad de malezas podría ser implementado. Por ejemplo, los participantes de las escuelas de campo colectarían muestras de suelo de varios campos, las ubicarían en contenedores, identificarían y cuantificarían las plántulas de malezas una vez germinadas. Esto ayudaría a la instrucción en la identificación de plántulas de malezas, a la vez que mientras se demostrarían los campos que poseen las infestaciones más severas de malezas. Si las diferencias en las infestaciones de malezas fueron aparentes, parte de la experiencia de instrucción podría ser comparada con los manejos precedentes de sus campos respectivos en un intento por identificar prácticas más efectivas localmente de manejo de malezas. Al mismo tiempo, protocolos simples podrían ser preparados para asistir los agricultores que participan en las escuelas de campo para conducir sus propios estudios de pérdidas de rendimiento. Los resultados de un número de estudios conducidos en una región geográfica podrían ser combinados para producir tablas de predicciones de pérdidas de rendimiento del cultivo. De esta forma, los participantes de las escuelas de campo, podrían desarrollar sus técnicas simples para facilitar el manejo de malezas racional y responsable.

REFERENCIAS

- Bauer, T.A., D.A. Mortenson, G.A. Wicks, T.A. Hayden, y A.R. Martin. 1991.** Environmental variability associated with economic thresholds for soybeans. *Weed Sci.* 39:564-569.
- Forcella, F. 1992.** Prediction of weed seedling densities from buried seed reserves. *Weed Research* 32:29-38.
- Harvey, R.G. 1993.** A Simple Technique for Predicting Future Weed Problems. Nutrient and Pest Management program, Coop. Ext. Div., Univ. of Wisconsin-Madison, Madison, WI 53706. 6 p.
- Harvey, R.G. y D. J. Porter. 1990.** Wild-proso millet control in soybeans with postemergence herbicides. *Weed Technol.* 4: 420-424.
- Harvey, R.G. y C.R. Wagner. 1994.** Using estimates of weed pressure to establish crop yield loss equations. *Weed Technol.* 8:114-118.
- Kropac, Z. 1966.** Estimation of weed seeds in arable soil. *Pedobiologia* 6:105-128.
- LeMasters, Gary y T. Harrar. 1990.** DATCP Grade A dairy farm well water quality survey and DNR followup sampling. *Proceedings of the 1990 Fertilizer, Agrilime & Pest Management Conf.* 29:308-309.
- Mortenson, D.A. y H.D. Coble. 1989.** The influence of soil water content on cocklebur (*Xanthium strumarium*) interference in soybeans (*Glycine max*). *Weed Sci.* 37:76-83.
- Schafer, D. E. y D. O. Chilcote. 1970.** Factors influencing persistence and depletion in buried seed populations. II. Effects of soil temperature and moisture. *Crop Science* 10:342-345.
- Wagner, C.R. 1992.** Soil weed seed bank population dynamics and methods for measuring weed seed populations in soil. M.S. Degree Thesis, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI 53706. 89 p.

PRONOSTICO DEL CRECIMIENTO DE LAS POBLACIONES DE MALEZAS

C. Fernández - Quintanilla
Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC
Serrano 115 dpdo, 28006 Madrid, España
E-mail: ebrfq47@fresno.csic.es

RESUMEN

Para planificar e implementar nuevos sistemas mejorados de manejo de malezas, los agricultores deben tomar en consideración el potencial de crecimiento de las poblaciones de malezas. Este tipo de información puede ser obtenido bien por estudios a largo plazo o por el uso de técnicas de modelos. Los estudios a largo plazo pueden brindar indicaciones útiles de la trayectoria de la población a corto plazo, lo cual posee un buen potencial para su uso práctico en el ámbito de campo. Sin embargo, este enfoque presenta numerosas limitaciones. El uso de los resultados de los estudios demográficos conjuntamente con los modelos de población puede permitir a los malezólogos realizar predicciones razonables del crecimiento de las poblaciones de malezas bajo diferentes estrategias de control. Este enfoque es relativamente simple y muy flexible, siendo adecuado para su uso en los países en desarrollo (PD). Sin embargo, construyendo modelos simples, sin sacrificar el realismo de precisión, aun representa un gran reto para la Ciencia de las Malezas. Para lograr este objetivo, los expertos en modelos del mundo desarrollado deben trabajar en estrecha relación con los especialistas de control de malezas de los países en vías de desarrollo. Estos expertos locales deben ser adiestrados en el uso de estas nuevas herramientas mediante cursos cortos en el ámbito regional.

El uso del conocimiento de las dinámicas de población de las malezas para propósitos de manejo de malezas se ilustra con varios ejemplos. Este conocimiento es utilizado: a) para la toma inmediata de decisiones, b) para el desarrollo de sistemas de cultivos que prevenga el crecimiento de los problemas de malezas, y c) para evaluar las consecuencias técnicas y económicas de varias estrategias de manejo. Los resultados mostrados ilustran la importancia del pronóstico como componente básico de los sistemas de manejo de malezas.

Aunque la mayoría del conocimiento biológico no puede ser usado directamente por los agricultores, los investigadores de malezas de los países en desarrollo podrían usar este conocimiento para generar la información cualitativa sobre el comportamiento probable de las malezas más problemáticas en los sistemas locales. Esta información puede ayudar a los agricultores a planificar sus sistemas de cultivo y tomar otras decisiones relacionadas.

I. Introducción

Para implementar un sistema de manejo de malezas, los agricultores y asesores técnicos con frecuencia consideran tres grandes factores: a) la abundancia habitual y la distribución de varias malezas en un campo determinado; b) los riesgos de pérdidas de cosecha debido a las malezas; c) la eficacia prevista de varias opciones de control y sus costos económicos.

Aunque estas tres consideraciones son importantes, las mismas no son suficientes. Si nuestro objetivo es el de implementar sistemas de producción que sean sostenibles, debemos considerar estos tres factores dentro de una estrategia a largo plazo para el manejo de malezas.

Para desarrollar cualquier tipo de estrategia, necesitamos tener un mínimo de comprensión del comportamiento temporal y espacial de las poblaciones de malezas, tanto en ausencia de medidas de control, así como en respuesta a varios tipos de prácticas de control.

Obtener este tipo de información no es una tarea fácil. En el mundo desarrollado, este conocimiento ha sido regularmente obtenido a través del uso de experimentos de largo plazo o a través del uso de estudios demográficos acoplados con los modelos de simulación de las dinámicas de población. Ambos métodos tienen méritos y deficiencias intrínsecas. El potencial y las limitaciones de estas herramientas de pronóstico deben ser particularmente consideradas cuando estas se tratan de usar en el mundo en vías de desarrollo.

El presente trabajo trata de ofrecer respuestas a dos cuestiones básicas: a) ¿cómo estimar los cambios potenciales de las poblaciones de malezas?, y b) ¿cómo este conocimiento puede ser usado en el manejo de malezas?

II. El uso de experimentos a largo plazo para el pronóstico de las malezas

Tradicionalmente la información sobre la evolución probable de las poblaciones de malezas ha sido lograda mediante el uso de datos de experimentos a largo plazo, los que comprenden diferentes opciones de manejo de malezas. Aunque estos experimentos pueden considerar la gama completa de especies de malezas presentes en el campo (p.ej. Popay *et al*, 1994), generalmente se prefiere centrar las investigaciones en una sola maleza de importancia particular. Este es el caso de los numerosos estudios conducidos sobre dinámicas poblacionales de *Avena fatua* en Inglaterra (Selman, 1970; Wilson, 1978, 1981, 1985). En uno de los mejores trabajos, Selman (1970) estudió a lo largo de cinco años el efecto de diferentes programas de control - siembra temprana de cebada de primavera, siembra tardía, siembra tardía con uso de herbicida,- sobre la evolución de las densidades de plántulas de esta especie. Basado en estos resultados, él calculó el promedio anual de incremento de la población ($\lambda = N_{t+1} / N_t$) para cada situación. Usando estos valores simples, Selman fue capaz de simular los cambios temporales en la densidad de *Avena fatua* (Fig. 1). El modelo usado meramente describió los cambios de densidades de plántulas en un intervalo de 1 año, el cual fue básicamente un modelo discreto exponencial con crecimiento de población medido como valores λ . Como un ejemplo, el efecto del uso de la siembra temprana de la cebada de primavera fue simulado al hacer un valor de $\lambda = 2.74$ (la población crece anualmente en un 274%). Por el contrario, usando una siembra tardía, la simulación se hizo con un valor de $\lambda = 0.40$ (la población disminuye anualmente en un 60%). Estos valores podrían ser modificados (reducidos) para así considerar el efecto de los herbicidas de pobre o buena eficacia. De forma similar, los valores más altos o más bajos pueden ser destinados para simular estaciones buenas y malas de producción de semillas.

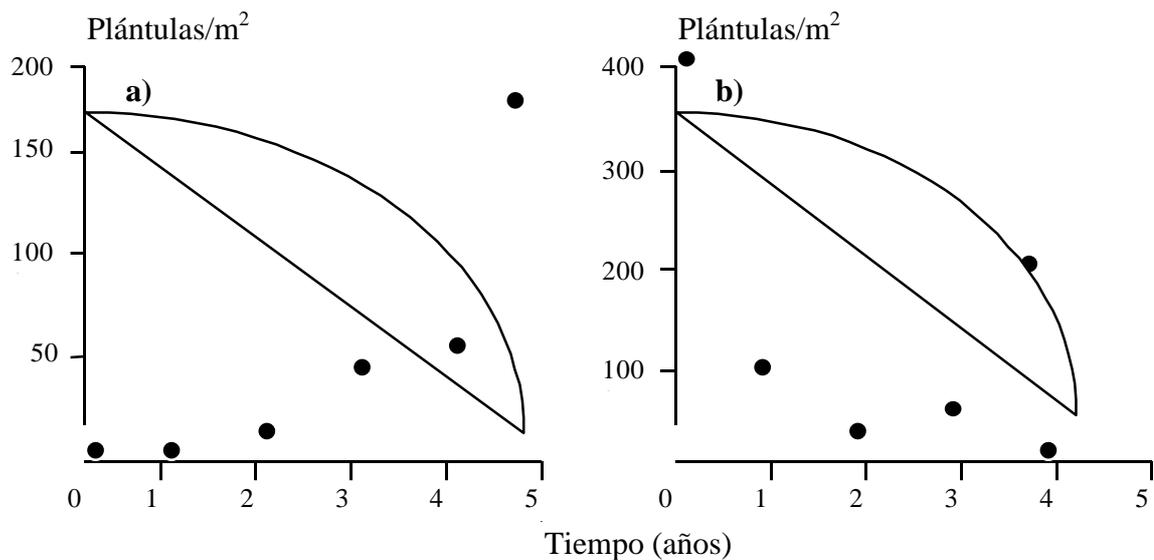


Fig. 1. Dinámicas de *Avena fatua* en cultivos consecutivos de cebada de primavera: a) siembra temprana; b) siembra tardía. Las curvas exponenciales han sido logradas mediante regresión (según Cousens y Mortimer, 1995)

Este enfoque tiene numerosas deficiencias: requiere varios años de experimentación costosa, no es capaz de considerar un número grande de opciones de control, los resultados son altamente dependientes en las condiciones presentes en un lugar determinado y durante cierto tiempo en un período determinado, la obtención de respuestas a cuestiones urgentes puede requerir muchos años, etc. (Cousens y Mortimer, 1995). Por otro lado, los modelos simples derivados tienen que hacer suposiciones numerosas: los individuos en la población están ampliamente espaciados (no hay interferencia entre ellos), no hay limitaciones de crecimiento de población, el comportamiento de la población es siempre el mismo (independientemente de las condiciones ambientales). A pesar de estas limitaciones, las predicciones obtenidas de esta forma dan indicaciones útiles sobre la trayectoria de la población a corto de plazo. Como las decisiones de manejo de campo son hechas en escalas de tiempo, estos tipos de modelos pueden ofrecer algún potencial para su uso práctico en el ámbito de campo.

III. El uso de modelos para el pronóstico de malezas

Un enfoque alternativo para el uso de la experimentación de campo es la utilización de modelos matemáticos. Los modelos computarizados, basados en un buen conocimiento experimental del comportamiento de las poblaciones de malezas, pueden permitir el diseño y evaluación de (ambos, biológica y económicamente) nuevas estrategias mejoradas de manejo de malezas.

Antes de ir adelante con el modelo, una indicación de precaución. Como Cousens y Mortimer (1995) puntualizaran, el modelo no puede decirnos lo que ocurrirá; este sólo puede ser usado para deducir lo que *deberá* ocurrir. Si nuestro modelo es bueno, y sobre todo, si nuestros datos y nuestra comprensión del sistema son adecuados, entonces seremos capaces de hacer *predicciones razonables*. La diferencia entre la

predicción y el trabajo puro de adivinanza es la confiabilidad en los datos y la comprensión generada por la investigación precedente. Esta diferencia es crucial. Las estrategias de control de malezas no deben ser desarrolladas sobre la base de suposiciones “educadas”. Ellas deben basarse en predicciones “razonables”.

El nivel de complejidad de un modelo está condicionado por los recursos humanos y financieros disponibles para su construcción. Para los malezólogos y tecnólogos de los países en vías de desarrollo la construcción de “robustos” modelos mecánicos (basados en un gran número de variables bien estructuradas y en la disponibilidad de una gran cantidad de datos de alta calidad) está claramente fuera de sus posibilidades. En este aspecto, sería aconsejable concentrarse en el desarrollo de modelos relativamente simples que sean capaces de rendir predicciones razonablemente buenas. De esta forma, los modelos “demográficos” ofrecen un buen acuerdo entre la simplicidad (pero carente de poder predictivo) del modelo totalmente empírico descrito en la sección previa y la complejidad (pero con altos requerimientos de investigación) de los modelos mecánicos. Por otro lado, estos modelos pueden escribirse usando programas bien conocidos de computación (tales como Excel), ellos pueden ser llevados a parámetros sin necesidad de una cantidad intensiva de trabajo de campo, que pueden ser bien entendidos por los inexpertos.

En los modelos demográficos, el ciclo de vida de las especies se divide en un número de estadios discretos, con ganancias y pérdidas de un estadio al siguiente controlado por “válvulas” que regulan esta transferencia de individuos (Kropff *et al.*, 1996) (Fig. 2).

Cada año, una porción g de las semillas presentes en el suelo (S_t) se mueve al siguiente estadio funcional a través de la germinación y la emergencia. Más tarde en el ciclo de vida, una porción k de las plántulas emergidas (Z_t) puede ser destruida por procesos naturales o artificiales de control de malezas (labranza, herbicidas), dejando un número relativamente bajo de plantas adultas vivas (P_t). La reproducción de estas plantas, determinada por su fecundidad promedio f , resultará frecuentemente en la producción de una abundante lluvia de semillas (R_t). Estas nuevas semillas se agregarán al banco de semillas aun presente en el suelo (después de la remoción de la semilla a causa de la germinación, g , y por mortalidad, m) para formar un nuevo banco de semillas (S_{t+1}).

Como en el caso del modelo de Selman, este modelo básico demográfico da lugar a varias suposiciones de importancia: hay solo una cohorte de plantas (un período sencillo de emergencia), la densidad de las malezas es lo suficientemente baja para evitar la regulación dependiente de la densidad, no hay pérdidas de semillas a través de la depredación, cosecha con maquina o quema de los residuos vegetales, las malezas están uniformemente distribuidas y estas no se mueven ni dentro o fuera del terreno. Obviamente, los sistemas reales mundiales no son tan simples. En estos casos donde las suposiciones arriba mencionadas son probablemente incorrectas, nos veremos obligados a añadir nuevos anexos al modelo.

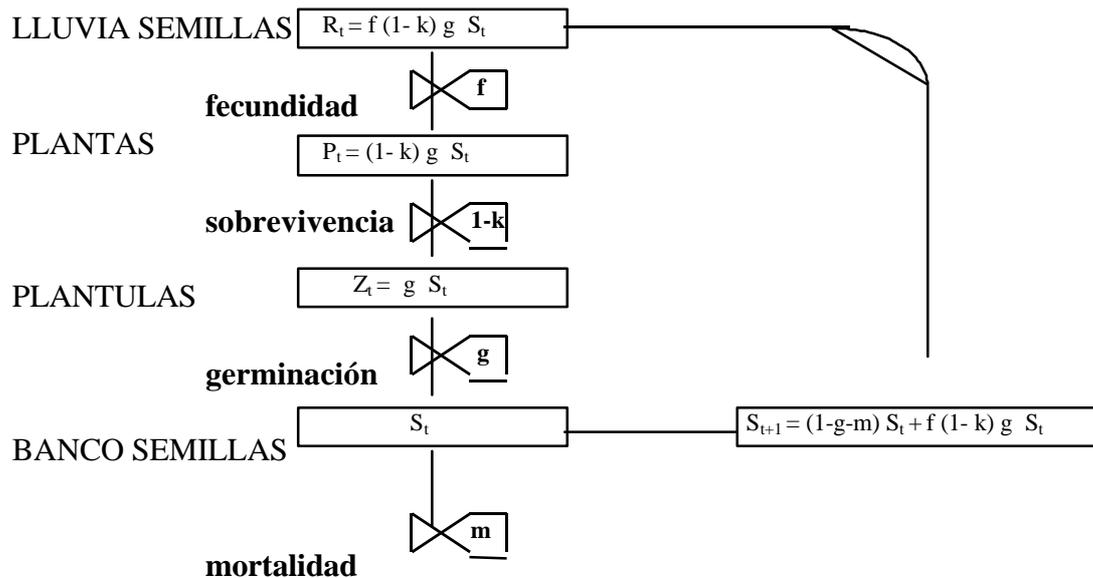


Fig. 2. Modelo diagramático de las dinámicas de población de una maleza anual. Dentro de las cajas: relaciones funcionales que definen el número de individuos presentes en cada estadio a cada momento.

Por ejemplo, si la emergencia de las malezas no tiene lugar como un evento sencillo sino como un proceso continuo, tendremos que incorporar la edad de la estructura de la población al modelo. Para hacer esto, las varias cohortes emergentes en diferentes momentos del año pueden ser definidos por grados diferentes de germinación, g_i , y destinados con diferentes probabilidades de sobrevivencia, K_i , y diferentes fecundidades, f_i . La proporción total de cada proceso se define por la suma de los registros de los grados de todas las cohortes (p.ej. $Z_{t,i} = \sum S_{t,i} g_i$) (González Andujar y Fernández-Quintanilla, 1991). Alternativamente, la edad de la estructura puede ser descrita usando modelos matriz, un método algo más complicado, pero que ofrece más posibilidades para una futura expansión del modelo (Cousens y Mortimer, 1995; Maxwell *et al.*, 1988).

Si la densidad de las malezas es suficientemente alta para dar lugar a la competencia intraspecífica, este factor podría ser considerado. El efecto de la densidad de malezas en la reproducción promedio por planta, f , puede ser introducido al modelo por la comúnmente usada hipérbola rectangular:

$$f = \frac{a}{1 + a/b P_t}$$

donde a es la producción de semillas viables por planta a bajas densidades y b es la producción máxima de semillas por unidad de área a altas densidades de malezas (Kropff *et al.*, 1996).

Frecuentemente, las malezas no están uniformemente distribuidas en el espacio pero agrupadas en manchones. Además, ellas no permanecen estáticas; se mueven en el campo por diferentes medios. Un paso adelante en el proceso de modelaje puede ser la inclusión del espacio. Esta característica podría permitir la consideración de

gradientes espaciales en la densidad y la simulación de la diseminación de las malezas (Ballare *et al*, 1987; Maxwell y Ghera, 1992).

Los modelos demográficos pueden ser construidos tan simple o tan complejo como el investigador decida. En el proceso hacia una complejidad mayor, el modelador podría actuar tranquilamente, añadiendo sólo los elementos estrictamente necesario para alcanzar el objetivo propuesto.

IV. El uso del conocimiento de las dinámicas de población en el manejo de malezas

Los agricultores, siendo los directores del manejo de malezas, deben centrar sus esfuerzos en la definición de las mejores prácticas disponibles para minimizar el grado de incremento de las poblaciones de malezas. En esta dirección, los modelos de población pueden ser usados para derivar la frecuencia deseable de aplicación de herbicidas, las dosis mínimas requeridas para llegar a una trayectoria determinada de la población, la frecuencia deseable de inclusión de los cultivos de retención en una rotación dada, el mínimo de frecuencia de labores de arado en un sistema de cero labranza, etc.

Diferentes tipos de modelos rendirán diferentes tipos de resultados. Los modelos simples, tales como el usado por Selman (1970), probablemente resultarán en tablas de dos vías muy simples, que pueden ser usadas por los asesores de malezas para estimar los resultados probables de situaciones diferentes (Tabla 1). En esta caso particular, el grado promedio de crecimiento de la población de *Avena fatua* se predice a ser 2.5 en el caso de una siembra temprana de cebada de primavera, 0.29 en el caso de una siembra tardía y 0.40 en el caso de siembras tempranas tratadas con el herbicida triallate. “El mejor caso” sería las situaciones donde la producción de semillas de malezas se vea limitada por condiciones climáticas desfavorables o por alta competencia del cultivo y donde la sobrevivencia de las semillas y germinación sea baja como resultado de un manejo adecuado de los residuos del cultivo. Por el contrario, “el peor caso” incluye aquellas situaciones donde las condiciones climáticas favorecen la producción de semillas, la competitividad del cultivo es baja y los residuos y las prácticas de manejo del suelo favorecen la persistencia y germinación de las semillas.

	Mejor caso	Promedio	Peor caso
siembra temprana	x 1.30	x 2.50	x 6.00
siembra tardía	x 0.14	x 0.29	x 0.68
siembra temprana; Tri-allate	x 0.20	x 0.40	x 1.00

Tabla 1. Potencial para el crecimiento anual de las poblaciones de *Avena fatua* en diferentes condiciones (según Selman, 1977)

Aunque este simple enfoque no permite al asesor de malezas predecir lo que sucederá a largo plazo, esto no será un serio inconveniente. Planificando los escenarios y

programas de control de malezas a largo plazo es, como quiera que sea, afectado por las condiciones climáticas y económicas imprevistas.

Una de las ventajas de los modelos demográficos es la de que una amplia variedad de factores puede ser fácilmente incluida en estos modelos. Como un ejemplo, el modelo arriba mencionado de dinámicas de población de *Avena sterilis* puede ser fácilmente integrado con la competencia y los umbrales económicos para evaluar técnica y económicamente los efectos de diferentes estrategias de manejo (González-Andujar y Fernández-Quintanilla, 1993). Los resultados de simulación obtenidos con este modelo (Tabla 2) indican que, aunque la estrategia que combina el uso de un año de barbecho con aplicaciones de herbicida en años de trigo (estrategia 5) puede resultar en un control óptimo de esta maleza, la utilidad neta máxima a largo plazo podrá ser probablemente obtenida con trigo continuo y aplicación herbicida (estrategia 3).

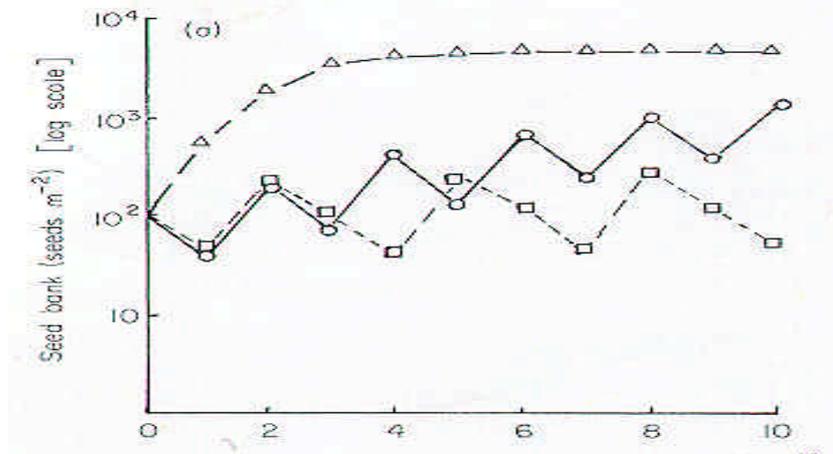


Fig. 4. Cambios previstos en la población de *Avena sterilis* bajo diferentes sistemas de cultivo:

(∇-----∇) trigo de invierno continuo; (O-----O) barbecho-trigo de invierno; (□-----□) barbecho- trigo de invierno- cebada de primavera (según González-Andujar y Fernández-Quintanilla, 1991).

V. Quien usará este tipo de conocimiento?

Obviamente, los agricultores de los países en vías de desarrollo no son los destinados a usar directamente este tipo de conocimiento. Ellos no poseen ni la información básica necesaria (datos sobre dinámicas de varias malezas), ni los equipos para hacer estas predicciones (computadoras, conocimiento de uso de software). Sin embargo, los investigadores locales pueden trabajar con modelos muy simples diseñados por ellos mismos o con la cooperación de expertos del mundo desarrollado. Este trabajo podría destinarse a generar información cualitativa sobre el comportamiento probable de algunas de las malezas más problemáticas en los sistemas agrícolas locales. Esta información ayudaría al agricultor a tomar sus decisiones a corto plazo (aplicar o no aplicar) o a planificar sus programas de cultivo a largo plazo. Este enfoque ha sido ya utilizado en algunos países con nivel tecnológico intermedio (p.ej. Argentina, España) con éxito considerable.

-

ESTRATEGIA	1	2	3	4	5
Rotación ¹⁾	W-W	W-W	W-W	F-W	F-W
Uso Herbicida ²⁾	0%	50%	100%	0%	50%
RESULTADOS					
población final ³⁾	306	207	1.4	54	0.001
Utilidad Neta ⁴⁾	-54.0	-3.7	86.1	25.2	52.1

¹⁾ W-W: trigo continuo; F-W: barbecho-trigo; ²⁾ % de años con uso de herbicida; ³⁾ Número de plantas de *A. sterilis* /m² después de 10 años; ⁴⁾ Utilidades netas por año en un período de 10 años, US \$ /ha/año.

Tabla 2. Comportamiento simulado de varias estrategias para el manejo de las poblaciones de *Avena sterilis* en cereales (según Gonzalez-Andujar & Fernandez-Quintanilla, 1993)

Para adiestrar a los investigadores locales en el uso de estos modelos, cursos breves (de una o dos semanas de duración) podrían llevarse a cabo a nivel regional. Este adiestramiento, en el caso más simple, les permitiría tener una comunicación efectiva con los expertos de modelos y cooperar con ellos en la construcción de modelos. En el mejor caso, esto les permitiría seleccionar el modelo que mejor se adapte a las necesidades específicas, adaptarlo a las condiciones locales y utilizarlo para hacer sus propias simulaciones.

Conclusiones y recomendaciones

- El pronóstico de las poblaciones de malezas debería ser un componente básico de cualquier sistema de manejo de malezas.
- El uso de modelos para simular las dinámicas de población de las malezas ofrece un potencial considerable como instrumento de ayuda para el manejo de malezas. Lo aquí indicado es igualmente válido para países desarrollados y en vías de desarrollo.
- En los países en desarrollo, las limitaciones existentes de recursos humanos y financieros aconsejan el uso de modelos simples basados en pocos parámetros. La construcción de estos tipos de modelos, sin sacrificar el realismo y la precisión, representa un gran reto para la Ciencia de las Malezas.
- Para lograr este objetivo, los expertos en modelos de países desarrollados deben trabajar en estrecha relación con los expertos homólogos de países en vías de desarrollo. Además, cursos breves deben ser impartidos en el ámbito regional para adiestrar a los técnicos locales en el uso de estos medios. Debido a la relativamente alta inversión económica y humana requerida para el desarrollo de estos modelos, los esfuerzos se deben concentrar en solo algunas especies de difícil control en el ámbito regional (p.ej. *Striga*, *Echinochloa*, *Cyperus*, *Orobanche*).

REFERENCIAS

- Ballare CL, Scopel AL, Ghera CM y Sanchez RA. 1987.** The population ecology of *Datura ferox* in soybean crops. A simulation approach incorporating seed dispersal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **19**: 177-88
- Cousens R y Mortimer AM. 1995.** *Dynamics of Weed Populations*, Cambridge: Cambridge University Press. 332 pp.
- Gonzalez Andujar JL y Fernandez-Quintanilla C. 1991.** Modeling the population dynamics of *Avena sterilis* under dry-land cereal cropping systems. *Journal of Applied Ecology* **28**: 16-27
- Gonzalez Andujar JL y Fernandez-Quintanilla C. 1993.** Strategies for the control of *Avena sterilis* in winter wheat production systems in central Spain. *Crop Protection* **12**: 617-623
- Kropff MJ, Wallinga J, y Lotz LAP. 1996.** Weed population dynamics. *Second International Weed Control Congress*, Copenhagen 1996, pp. 3-14
- Maxwell BD, Ghera CM. 1992.** The influence of weed seed dispersion versus the effect of competition on crop yield. *Weed Technology* **6**: 196-204.
- Maxwell BD, Wilson MV, y Radosevich SR. 1988.** Population modeling approach for estimating leafy spurge (*Euphorbia esula*) development and control. *Weed Technology* **2**: 132-138
- Popay AI, Cox TI, Ingle A, y Kerr R. 1994.** Effects of soil disturbance on weed seedling emergence and its long-term decline. *Weed Research* **34**: 403-412
- Selman M. 1970.** The population dynamics of *Avena fatua* (wild oats) in continuous spring barley; desirable frequency of spraying with tri-allylate. *Proceedings of the 10th British Weed Control Conference*, pp. 1176-88
- Wilson BJ. 1978.** The long term decline of a population of *Avena fatua* L. with different cultivations associated with spring barley cropping. *Weed Research* **18**: 25-31
- Wilson BJ. 1981.** The influence of reduced cultivations and direct drilling on the long-term decline of a population of *Avena fatua* L. in spring barley. *Weed Research* **21**: 23-28
- Wilson BJ. 1985.** Effect of seed age and cultivation on seedling emergence and seed cline of *Avena fatua* L. in winter barley. *Weed Research* **25**: 213-219.

ECONOMIA Y MANEJO

