Propuesta de manejo de arvenses en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) basada en aspectos agronómicos y socioeconómicos

Design and assessment of a weed management proposal for spinach (*Spinacea oleracea* L.) crops, based on agronomic and socioeconomic aspects

Marcela Rodríguez[1, 3], Guido Plaza[1], Rodrigo Gil[2], Bernardo Chaves[1] y Jaime Jiménez[2]

RESUMEN

Con el fin de disminuir los costos de producción y aumentar la rentabilidad de los agricultores, se deben proponer soluciones a los problemas del sistema de producción. Para los cultivadores de espinaca del municipio de Cota (Cundinamarca, Colombia), el control de arvenses es una labor muy importante en términos económicos. En el presente trabajo se evaluaron los ingredientes activos *S*-metolaclor, atrazina, linuron y metsulfuron-metil, a diferentes dosis y aplicados individualmente o en mezcla. En campo, se evaluaron dos propuestas de manejo de arvenses con base en trabajos previos, que tienen en cuenta la comunidad de arvenses y el manejo implementado por los agricultores de Cota. El ingrediente *S*-metolaclor presentó selectividad hacia las plantas del cultivo y no generó ningún daño a las diferentes dosis. Sin embargo, esta misma molécula, aplicada en mezcla con atrazina (61%) o linuron (33,7%), produjo los mayores porcentajes de daño a la espinaca. En el testigo absoluto se obtuvo la mayor población de arvenses (417,7 plantas/m^2), el menor número de plantas del cultivo (33,2 plantas/m^2) y el menor rendimiento (22.403,8 kg ha^{-1}). La aplicación de *S*-metolaclor, dio lugar al menor número de plantas de arvenses (6,67 plantas/m^2), la menor disminución en el número de plantas del cultivo (34,3 plantas/m^2) y el mayor rendimiento (31.686,2 kg ha^{-1}), además de una reducción del 90,7% en los costos del manejo de arvenses. Los resultados del presente trabajo constituyen un componente importante para el desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas en el cultivo de espinaca.

Palabras clave: S-metolaclor, atrazina, linuron, metsulfuron-metil, Cota.

ABSTRACT

In order to decrease production costs and increase farmer income, alternatives for solving the limitations of production systems should be proposed and evaluated. From an economical standpoint, weed management is a very important issue for the spinach growers of the municipality of Cota (Cundinamarca, Colombia). In the present research, the active ingredients *S*-metolachlor, atrazine, linuron and metsulfuron-methyl were evaluated individually as well as in different dose mixtures. Additionally, based on previous research on the plant community that grows along with this crop, and on the current treatment applied by the Cota farmers, we conducted a field evaluation of two weed management proposals. *S*-metolachlor was found to be selective to the crop, to which it did not cause any damage at the different tested doses. Nevertheless, this same molecule mixed with atrazine (61%) or linuron (33.7%) produced the worst damage to spinach. The highest weed density (417.7 plants/m^2), the lowest number of spinach plants (33.2 plants/m^2) and the lowest yield (2,2403.8 kg ha^{-1}) were obtained in the control plots. The application of *S*-metolachlor allowed the lowest weed (6.67 plants/m^2) and highest crop (34.3 plants/m^2) densities, as well as the largest yield count (31,686.2 kg ha^{-1}) and cost reduction record (90.7% less than conventional production expenses). The obtained results should be considered as an important component of any weed management strategy.

Key words: metolachlor, atrazine, linuron, metsulfuron-methyl, Cota.

Introducción

La espinaca, *Spinacea oleracea* L., es una hortaliza de interés alimenticio perteneciente a la familia Chenopodiaceae. A nivel mundial, el mayor productor es China, seguido de Estados Unidos y Japón (Lucier y Plummer, 2003; Lucier *et al*., 2004; Boriss y Kreith, 2006). En la Sabana de Bogotá, el municipio de Cota (Cundinamarca) presenta una participación del 70% en producción a nivel departamental (DANE, 2002).

Desde el punto de vista sanitario, la presencia de plagas, enfermedades y arvenses imponen los mayores retos al momento de incrementar la cantidad y calidad de espinaca en Colombia (Gil *et al*., 2007; Rodríguez *et al*., 2008). Los daños ocasionados al cultivo, y su repercusión en términos económicos, justifican el desarrollo de estrategias de manejo de arvenses. Las estrategias de manejo deben tener como objetivo disminuir la interferencia de las arvenses sobre el

Fecha de recepción: 28 de septiembre de 2009. Aceptado para publicación: 5 de marzo de 2010

[1] Departamento de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).
[2] Centro de Bio-Sistemas, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Chía (Colombia).
[3] Autor de correspondencia. lmrodriguezj@unal.edu.co

cultivo, con una baja inversión y métodos ambientalmente sostenibles. Estas estrategias se deben desarrollar con base en el conocimiento acerca de las características técnicas de los sistemas productivos y las condiciones ambientales de la zona (Pimentel, 1997; Martínez y Alfonso, 2003; Stall y Dusky, 2006).

En California (USA), las principales prácticas para el manejo de arvenses son: rotación de cultivos, preparación del terreno, desyerba manual y aplicación de herbicidas (LeStrange *et al*., 1996; Burt, 1997; Ingerson-Majar *et al*., 2003; Ohlendorf, 2005). El control manual o desyerbe ocupa el 50% del tiempo de producción y limita el área que se puede cultivar exitosamente; además se puede considerar como un problema de género, debido a que esta labor la realizan en mayor proporción las mujeres y los niños (Labrada *et al.*, 2006; Upadhyaya y Blackshaw, 2007). El control químico es un componente importante en la producción agrícola mundial; los agricultores utilizan cada vez más herbicidas, en razón a que la mano de obra tiende a ser escasa (Nicholls y Altieri, 1997; Valverde, 2004). Una de las características de los herbicidas empleados comúnmente en el cultivo de espinaca es que no son selectivos. Algunas etiquetas de herbicidas recomiendan su uso para el control de arvenses en espinaca, advirtiendo que puede ocasionar daños, y dejando bajo responsabilidad del productor la decisión de emplearlos (Rodríguez *et al*., 2008).

Existen casos documentados del efecto de la aplicación de herbicidas para el control de arvenses en el cultivo de la espinaca. Kendrick y Middleton (1954) observaron que el uso irracional de 2,4-D causa malformaciones en las hojas, como fusión de las márgenes del pecíolo, manchas en el haz de las hojas y posterior necrosis. Fennimore *et al.* (2001) evaluaron varias concentraciones de *S*-metolaclor para el control de arvenses en espinaca, encontrando que las concentraciones de 0,56; 0,72 y 3,4 kg ha^{-1} del ingrediente activo (i.a.) controlan el 88% de las arvenses, entre las cuales se encuentra: *Portulaca oleracea* L. (1753) (Portulacaceae), *Chenopodium murale* L. (1753) (Chenopodiaceae) y *Capsella bursa-pastoris* L. (1753) (Brassicacea), mientras la concentración 0,56 kg ha^{-1} i.a. controló el 80% de *Stellaria media* (L.) Vill (1789) (Caryophillacea). En ninguna de las dosis evaluadas se lograron determinar daños sobre el cultivo.

En el municipio de Cota, Rodríguez *et al.* (2008) reconocieron, clasificaron y agruparon la comunidad de arvenses de acuerdo con la riqueza, el número total de especies y el sitio de muestreo. Reportaron a *Urtica urens* L. (1753) (Urticaceae), *C. bursa-pastoris*, *Galinsoga ciliata* L. (1753) (Asteraceae), *Ambrosia* sp. (Asteraceae) y *S. media* como las especies de mayor frecuencia. Además, corroboraron este resultado por medio de una encuesta que demostró que los productores perciben las especies *U. urens, Ambrosia* sp., *G. ciliata* y *S. media* como las más frecuentes y perjudiciales. Los agricultores se agruparon según el tipo de manejo de arvenses, determinando que 61% realiza manejo mediante desyerbe manual y 39% recurre a la aplicación de herbicidas. El grupo de agricultores que emplea herbicidas, y lo hace durante el ciclo de cultivo utiliza las moléculas linurón, S-metolaclor, prometrina y atrazina, mientras que el grupo que emplea los herbicidas después de cosecha utiliza glifosato y paraquat (Rodríguez *et al*., 2008).

El diseño de una estrategia integral para el manejo de arvenses debe estar basado en tres pilares: el primero es la evaluación de las poblaciones de arvenses, lo cual involucra la dinámica poblacional (Doll, 1996; Mortimer, 1997; Labrada *et al*., 2006), el banco de semillas (Forcella, 1997), la interferencia (Ortiz, 2005) y la biología y ecología de cada especie (Mortimer, 1997). El segundo, son las características del sistema productivo, que incluye los sistemas de siembra, las especies cultivadas, la densidad de siembra y el estado de desarrollo fenológico del cultivo (Harvey, 1997). Y el tercero, es el conocimiento que tiene el agricultor acerca de las estrategias disponibles para el manejo de arvenses, la disponibilidad y el estado de los equipos de aplicación, las dosis y el espectro de acción de los herbicidas (Valverde, 2004; Ortiz, 2005; Labrada *et al*., 2006).

Tomando como base los resultados obtenidos por Rodríguez *et al.* (2008), el presente trabajo diseña y evalúa dos propuestas de manejo de arvenses para los grupos de agricultores. La investigación abarcó variables como: selectividad de diferentes herbicidas y aspectos socioeconómicos de los agricultores. Para el grupo de agricultores que realiza control químico, el objetivo es la disminución del número de aplicaciones, cantidad de producto aplicado y uso de productos de menor impacto ambiental. En el caso de los agricultores que utilizan el control manual, el objetivo es disminuir la mano de obra para el desyerbe, sustituyéndola por aplicación de herbicidas. Se espera que los resultados de esta investigación contribuyan a disminuir los costos de manejo de arvenses.

Materiales y métodos

El presente trabajo se ejecutó en los municipios de Chía (04°53'02" N, 74°00'49" W) y Cota (04°49'05" N, 74°07'20" W), Cundinamarca, a una altitud de 2.566 y 2.572 msnm,

respectivamente, con temperatura anual promedio de 14°C, en ambas zonas. La prueba de selectividad se realizó en condiciones controladas, en el Centro de Bio-Sistemas (C-Bios) de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (UJTL) ubicado en el municipio de Chía. En el municipio de Cota se evaluaron las propuestas de manejo de arvenses en campo, donde se tuvo en cuenta no solo la composición de especies sino la agrupación de agricultores planteada por Rodríguez *et al.* (2008).

Ensayo de selectividad

Con base en la información recopilada por Rodríguez *et al.* (2008), se evaluó el daño ocasionado por un grupo de herbicidas que presentan un potencial control de arvenses en espinaca, sobre semillas y plantas de este cultivo. Se realizaron dos evaluaciones: la primera, aplicando el herbicida antes de la siembra de la espinaca (pre-emergencia), y la segunda, cuando las plantas habían germinado y presentaban cuatro hojas verdaderas (pos-emergencia). En pre-emergencia se utilizaron las moléculas: *S*-metolaclor, linuron y atrazina, y se realizaron aplicaciones individuales y en mezcla de cada herbicida. En pos-emergencia se hicieron las mismas aplicaciones de pre-emergencia y se incluyeron tres dosis de la molécula metsulfuron-metil (Tab. 1).

Los ensayos se efectuaron en bandejas de polietileno negro de 128 celdas, normalmente utilizadas para germinación y plantulación. Para pre-emergencia se preparó una mezcla (50/50, v/v), de suelo previamente esterilizado y tamizado, con turba canadiense, en la cual se sembraron las semillas. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 28 tratamientos y tres réplicas por tratamiento, y se incluyó un testigo absoluto. En pos-emergencia el material se sembró y desarrolló sobre turba y se usó un DCA con 31 tratamientos, cuatro réplicas por tratamiento y un testigo absoluto.

TABLA 1. Herbicidas (i.a./ha) evaluados para la selectividad de la espinaca, tanto en pre-emergencia como en pos-emergencia.

Ingrediente activo (i.a.)	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3
S-metolaclor (kg ha^{-1})	0,48	0,96	1,44
Linuron (kg ha^{-1})	0,25	0,50	0,75
Atrazina (kg ha^{-1})	0,45	0,90	1,35
Metsulfuron-metil[1] (g ha^{-1})	1,8	3,60	5,40

[1] Metsulfuron-metil se aplicó en pos-emergencia.

En cada réplica se determinó el número de plantas o semillas que presentaron alteraciones en su desarrollo como variable de respuesta. Para evaluar diferencias entre los ingredientes activos, sus dosis y las mezclas realizadas, los datos se analizaron mediante un Anova ($P \leq 0,05$) y las comparaciones entre los tratamientos a través de contrastes ortogonales con el programa SAS® versión 9,0 (SAS Institute Inc., Cary, NC).

Evaluación de la propuesta de manejo en campo

Las propuestas se evaluaron en dos lotes comerciales de espinaca con un área de 1.500 m^2 cada uno, ubicados en los sitios de muestreo agrupados por Rodríguez *et al.* (2008) según la comunidad de arvenses. Para el grupo 1 se evaluó el sitio de muestreo Rozo – 41 (lote 1) y para el grupo 2, Pueblo viejo – 51 (lote 2).

Los tratamientos evaluados correspondieron a las propuestas de manejo planteadas a partir de los resultados de Rodríguez *et al.* (2008); los productos y las dosis, del ensayo de selectividad descrito anteriormente.

Los tratamientos consistieron en la aplicación de linuron a concentración de 0,25 y 0,5 kg ha^{-1} i.a., *S*-metolaclor a 1,44 kg ha^{-1} i.a., un testigo comercial (aplicación del i.a. *S*-metolaclor a concentración de 1,15 kg ha^{-1} i.a.) y un testigo absoluto sin ningún tipo de control. La aplicación de los tratamientos que contemplaban el uso de herbicidas se realizó entre 1 y 3 días después de la siembra (dds). En el experimento se usó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con tres réplicas por tratamiento y cuatro submuestras por réplica. Cada unidad de evaluación correspondió a un área de 0,25 m^2, dentro de la cual se hizo la evaluación del efecto del tratamiento sobre el cultivo y las arvenses. En el caso de las plantas de espinaca, se determinó el número, la cobertura y el peso al momento de la cosecha; y sobre la población de arvenses se estableció la composición de especies, el número de plantas, el porcentaje de cobertura por especie y la biomasa a los 30 dds y al momento de cosecha. Estos datos se analizaron mediante un Anova ($P \leq 0,05$) usando el *software* SAS y la prueba Tukey para la separación de medias.

Resultados

Ensayo de selectividad

Los síntomas de daños ocasionados por los herbicidas pre-emergentes fueron: inhibición de la emergencia y daño a los primordios foliares, y en los herbicidas pos-emergentes: clorosis y posterior necrosis en los tejidos vegetales.

Los tratamientos aplicados tanto en pre-emergencia ($F = 7,85$; $gl = 27$; $P \leq 0,05$) como en pos-emergencia ($F = 9,82$; $gl = 30$; $P \leq 0,05$) mostraron diferencias significativas.

En los tratamientos en los cuales se aplicaron los herbicidas de manera individual, los mayores daños a las plantas de espinaca se presentaron en pos-emergencia (Tab. 2). En el ensayo de pre-emergencia, linuron y *S*-metolaclor, aplicados individualmente, ocasionaron el menor daño (6,8 y 6,4%, respectivamente) a diferencia de atrazina, que ocasionó el mayor daño (73,5%). Las aplicaciones individuales en pos-emergencia, con el ingrediente *S*-metolaclor, no generaron ningún tipo de daño, a diferencia de las aplicaciones de atrazina, linuron y metsulfuron-metil, que ocasionaron daños del 34,0; 36,8 y 24,3%, respectivamente.

Las aplicaciones de los herbicidas en mezcla generaron mayor daño que las aplicaciones individuales. En pre-emergencia, la mezcla de *S*-metolaclor más linuron y *S*-metolaclor más atrazina ocasionaron daños de 33,7% y 67,4%, respectivamente. La diferencia entre estos dos valores fue estadísticamente significativa (Tab. 2). En pos-emergencia se observó que el mayor daño lo originó la mezcla *S*-metolaclor más atrazina (54,4%) comparado con la mezcla *S*-metolaclor más linuron (33,1%).

En pre-emergencia no se aprecian diferencias significativas entre las concentraciones de los herbicidas tanto en las aplicaciones individuales como en mezcla (Tab. 2). El tratamiento aplicado individualmente que ocasionó el mayor daño fue atrazina, a concentración de 1,35 kg ha^{-1} i.a. (94,4%) y el de menor daño fue linuron, a concentración de 0,25 kg ha^{-1} i.a. (4,16%).

En pos-emergencia el tratamiento que presentó el mayor daño fue linuron a concentración de 0,75 kg ha^{-1} i.a. (77,1%) y el de menor daño con las tres dosis de *S*-metolaclor (0%). El tratamiento en mezcla que generó el mayor daño fue *S*-metolaclor a concentración de 0,96 kg ha^{-1} i.a. con atrazina a concentración de 1,35 kg ha^{-1} i.a. aplicado en pre-emergencia (100%). La mezcla de *S*-metolaclor a concentración de 0,48 kg ha^{-1} i.a. en mezcla con atrazina a concentración de 1,35 kg ha^{-1} i.a. en pos-emergencia fue el tratamiento que ocasionó los mayores daños (100%). La mezcla tanto en pre-emergencia como en pos-emergencia, que generó menor daño fue de *S*-metolaclor a concentración de 0,48 kg ha^{-1} i.a. con linuron a concentración de 0,25 kg ha^{-1} i.a. (0%) (Tab. 2).

Evaluación de la propuesta de manejo. Efecto sobre el cultivo

La variable: número de plantas de espinaca, permite apreciar diferencias que no son significativas entre los lotes (lote 1: 29,53 plantas/m^2; F = 2,24; gl = 4; *P* = 0,0802 - lote 2: 41,4 plantas/m^2; F = 1,51; gl = 4; *P* = 0,2167) (Fig. 1). En el lote 1, el mayor número de plantas de espinaca durante todo el ciclo de cultivo se presentó en el tratamiento testigo comercial (47,6 plantas/m^2), y el menor número con la aplicación de *S*-metolaclor a concentración de 1,44 kg ha^{-1} i.a. (reducción del 44,7% de las plantas). En el lote 2, el mayor número de plantas se presentó en el tratamiento linuron a concentración de 0,5 kg ha^{-1} i.a. (48 plantas/m^2), y el menor con el testigo absoluto (reducción de 31,25% de las plantas) (Fig. 1). Estas diferencias entre lotes se pueden deber a la variabilidad espacial de las condiciones físicas y químicas del suelo. Algunos autores han relacionado la producción de los cultivos con la variación de las propiedades del suelo y las prácticas agrícolas (Muñoz *et al*., 2006).

TABLA 2. Resultados de los contrastes ortogonales de diferentes herbicidas en espinaca.

Tipo de comparación	Contraste	Pre-emergencia		Pos-emergencia	
		F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F
Productos aplicados individualmente[1]	Testigo *vs.* Resto	26,74	< 0,05	47,16	< 0,05
	Linuron *vs.* Atrazina	102,20	< 0,05	7,02	0,008
	Linuron *vs.* Metsulfuron-metil	NA	NA	52,23	< 0,05
	Atrazina *vs.* Metsulfuron-metil	NA	NA	9,14	< 0,05
Productos aplicados en mezcla[2]	Linuron *vs. S*-metolaclor + Linuron	24,69	< 0,05	3,16	0,08
	Atrazina *vs. S*-metolaclor + Atrazina	0,32	0,57	39,68	< 0,05
	S-metolaclor + Linuron *vs. S*-metolaclor + Atrazina	93,66	< 0,05	46,70	< 0,05
Dosis de cada molécula	Linuron: dosis 1 *vs.* dosis 2 *vs.* dosis 3	0,97	0,32	140,11	< 0,05
	Atrazina: dosis 1 *vs.* dosis 2 *vs.* dosis 3	8,94	< 0,05	20,43	< 0,05
	S-metolaclor: dosis 1 *vs.* dosis 2 *vs.* dosis 3	0,02	0,88	0	1,00
	Metsulfuron-metil: dosis 1 *vs.* dosis 2 *vs.* dosis 3	NA	NA	6,12	0,013

[1] Contrastes entre los productos omitiendo el efecto de las dosis.
[2] Contrastes entre las mezclas omitiendo el efecto de las dosis.
NA: no aplica, debido a que en pre-emergencia no se realizó la aplicación del Metsulfuron-metil.

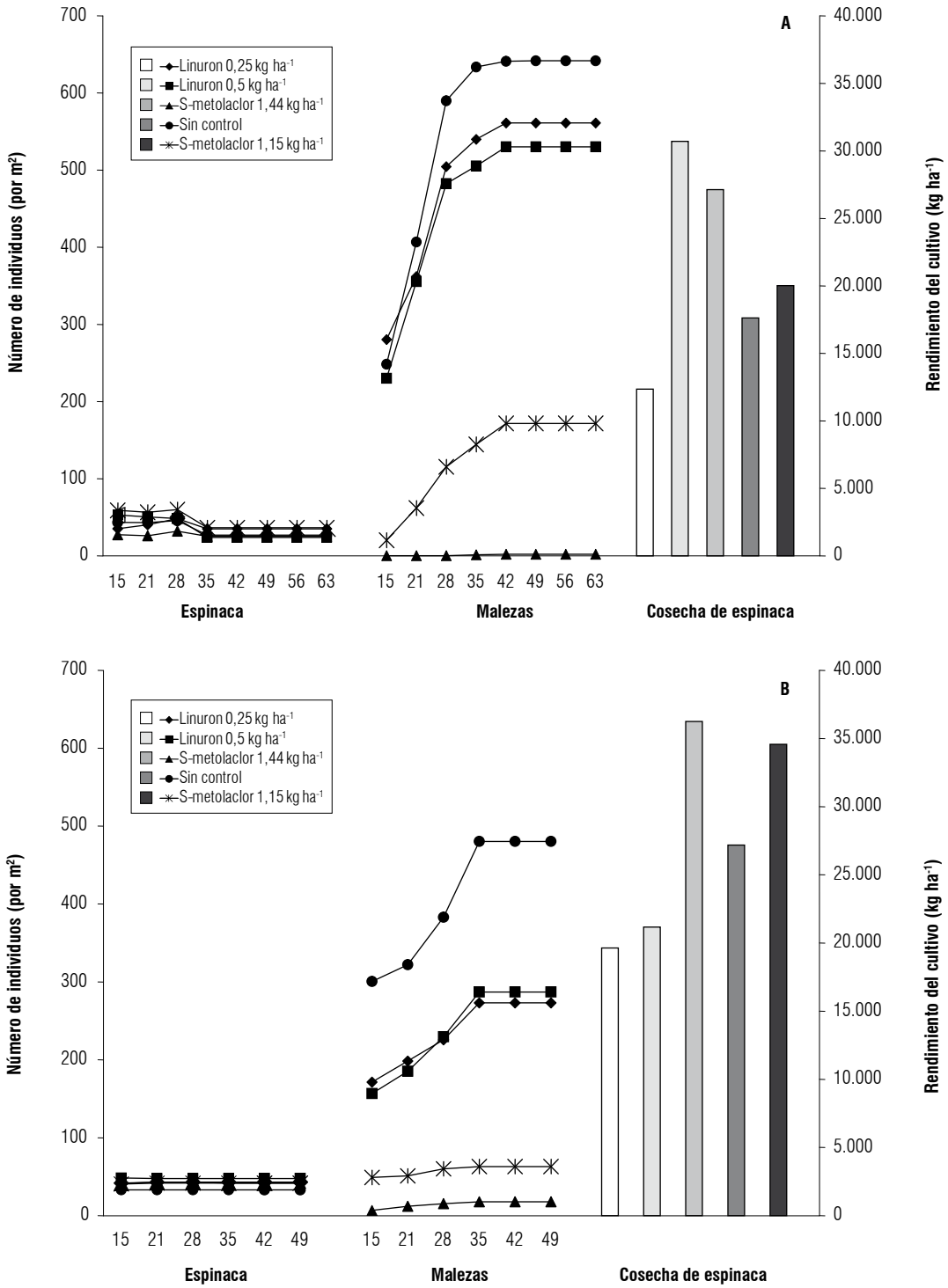

FIGURA 1. Relación entre el número de plantas de espinaca y arvenses con el rendimiento de espinaca en los dos lotes. A, lote 1; B, lote 2.

La tendencia entre los lotes se mantiene al analizar la variable cobertura (lote 1: F = 0,74; gl = 4; *P* = 0,5714 - lote 2: F = 48,21; gl = 4; *P*≤0,05). En el lote 2, el mayor porcentaje de cobertura se presentó en el tratamiento testigo comercial (15,6%), y el menor en el testigo absoluto (10,6%). Estas diferencias en los resultados permiten apreciar el efecto de las prácticas de control de arvenses (Fig. 2). Las tendencias de los restantes tratamientos fue la misma con valores intermedios entre el testigo comercial y el absoluto.

El peso de la espinaca cosechada en las dos fincas mostró diferencias estadísticamente significativas (lote 1: F =

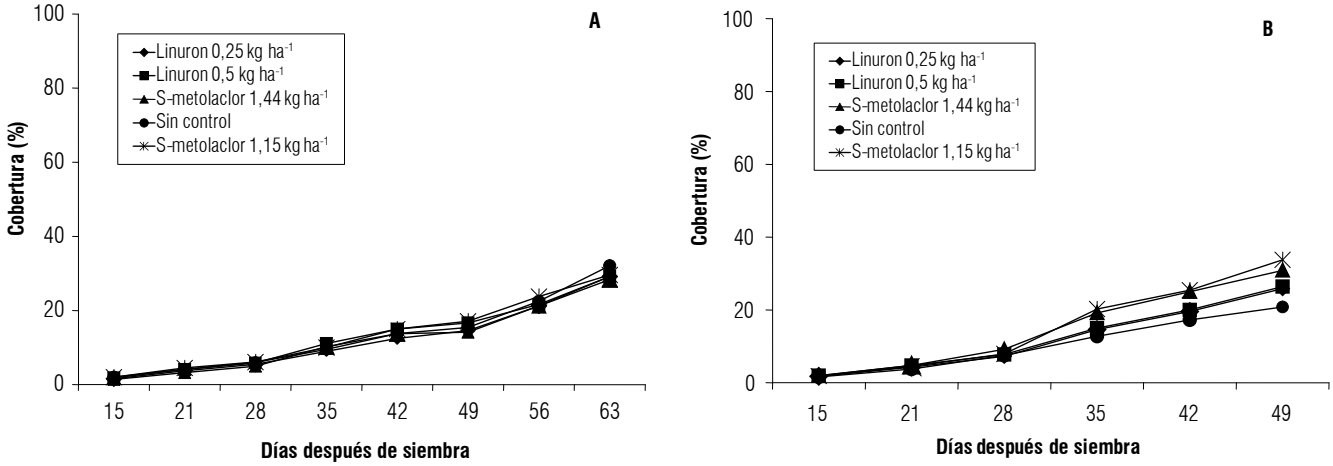

FIGURA 2. Respuesta de la cobertura de las plantas de espinaca a la aplicación de diferentes herbicidas y dosis aplicados en pre-emergencia. A, lote 1; B, lote 2 en Cota.

8,09; gl = 4; $P \leq 0,05$ y lote 2: F = 10,79; gl = 4; $P \leq 0,05$) con valores de 21.566 kg ha^{-1} en el lote 1 y 27.757 kg ha^{-1} en el lote 2. El mayor rendimiento del cultivo se alcanzó con el tratamiento *S*-metolaclor a concentración de 1,44 kg ha^{-1} i.a. (36.248 kg ha^{-1}) en el lote 2, seguido por el tratamiento "testigo comercial" (34.568 kg ha^{-1}) en el lote 2. De otro lado, el menor rendimiento de espinaca se presentó en el tratamiento linuron a concentración de 0,25 kg ha^{-1} i.a. (12.350 kg ha^{-1}) en el lote 1, seguido del testigo absoluto (17.630 kg ha^{-1}) en el lote 1 (Fig. 1).

Evaluación de la propuesta de manejo. Efecto en las arvenses

En la conformación de la estructura de la comunidad de arvenses participaron 10 familias, 16 géneros y 16 especies. Se presentan especies no reportadas en el trabajo de Rodríguez *et al.* (2008), como por ejemplo: *Polygonum aviculare* L. (1998) (Polygonacea), *Spergula arvensis* (L.) Cambess (1753) (Caryophyllaceae) y *Tinantia erecta* (Jack) Schltdl. (1852) (Commelinaceae), especies asociadas a condiciones de mayor humedad que las restantes arvenses. La presencia de nuevas especies o cambios en la conformación de la estructura de la comunidad de arvenses es respuesta a cambios en las condiciones de cultivo, por ejemplo el nivel de humedad (Pimentel, 1997; Ohlendorf, 2005). Las especies de mayor densidad y cobertura durante este ensayo fueron: *Poa annua* L. (1753) (Poaceae), *S. media*, *G. ciliata*, *C. bursa-pastoris* y *C. album* (L.) Hill. (1789) (Chenopodiaceae).

El número de plantas (lote 1: F = 67,14; gl = 4; $P \leq 0,05$ y lote 2: F = 146,05; gl = 4; $P \leq 0,05$) y cobertura (lote 1: F = 58,76; gl = 4; $P \leq 0,05$ y lote 2: F = 21,68; gl = 4; $P \leq 0,05$) de las arvenses, en los dos lotes, muestran diferencias significativas durante todo el ciclo. El mayor número de plantas (Fig. 1) y cobertura (Fig. 3) para los dos lotes, se presentó en el testigo absoluto (lote 1: 445 plantas/m^2 y un porcentaje de cobertura de 54,61/m^2 - lote 2: 390,5 plantas/m^2 y 43,70%/m^2). Para los dos lotes, el tratamiento con menor número de plantas de arvenses y cobertura correspondió a la aplicación *S*-metolaclor a concentración de 1,44 kg ha^{-1} i.a. (lote 1: 1,17 plantas y 1,07% cobertura /m^{-2} y lote 2, 12,17 plantas y 10,84% cobertura/m^{-2}), disminuyendo el nivel de enmalezamiento en un 99,77% con respecto al testigo. La reducción de las poblaciones de arvenses se puede deber al espectro de acción del herbicida *S*-metolaclor. Fennimore *et al.* (2001) reportaron su acción sobre especies tanto de la familia Poaceae como de algunas dicotiledóneas.

El efecto de la desyerba a los 30 dds en los dos lotes se evaluó a través de la biomasa de las arvenses (Fig. 4). Los resultados permiten apreciar diferencias significativas entre los tratamientos para los dos lotes (lote 1: F = 83,27; gl = 4; $P \leq 0,05$ - lote 2: F = 95,91; gl = 4; $P \leq 0,05$). El mayor valor de enmalezamiento se alcanzó en el tratamiento testigo absoluto (lote 1: 693 kg ha^{-1} y lote 2: 2.313 kg ha^{-1}), y el menor valor con la aplicación de *S*-metolaclor a concentración de 1,44 kg ha^{-1} i.a. (lote 1: 3 kg ha^{-1} y lote 2: 180 kg ha^{-1}) (Fig. 3).

Para la variable "biomasa de arvenses" al momento de cosecha, se aprecian diferencias significativas entre tratamientos para las dos fincas (lote 1: F = 51,45; gl = 4; $P \leq 0,05$ y lote 2: F = 15,34; gl = 4; $P \leq 0,05$). En el lote 1, la mayor biomasa se alcanzó con el tratamiento "linuron" a concentración de 0,25 kg ha^{-1} i.a. (31.345 kg ha^{-1}) y en el lote 2 en el testigo absoluto (24.518 kg ha^{-1}). La menor biomasa en los dos lotes se obtuvo con el tratamiento *S*-metolaclor a concentración de 1,44 kg ha^{-1} i.a. (lote 1: 8.323 kg ha^{-1} y lote 2: 7.693 kg ha^{-1}).

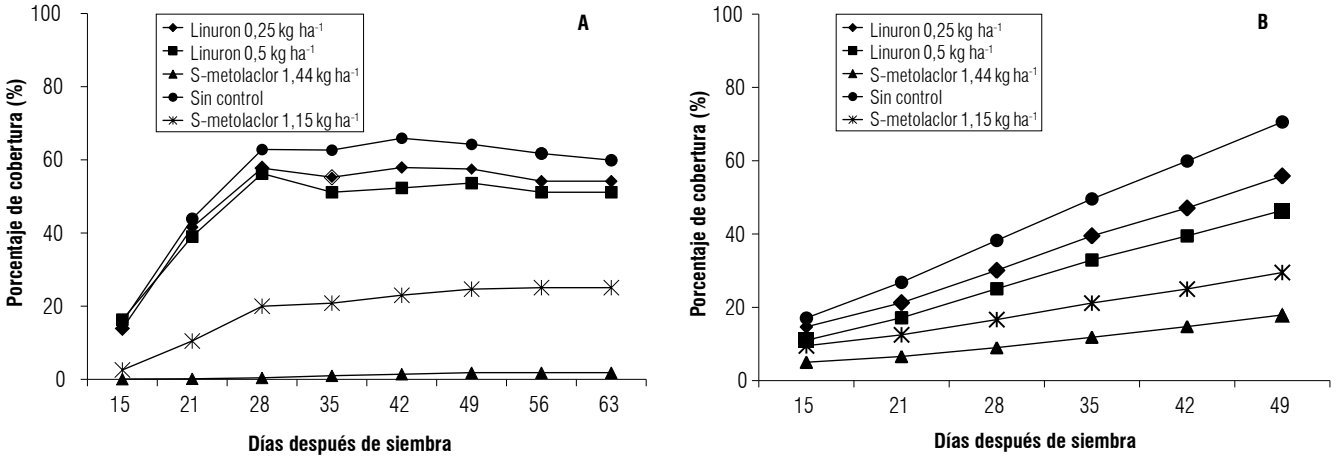

FIGURA 3. Efecto de la aplicación de herbicidas pre-emergentes sobre la cobertura de las especies de arvenses en el cultivo de espinaca. A, lote 1; B, lote 2 (Cota-Cundinamarca).

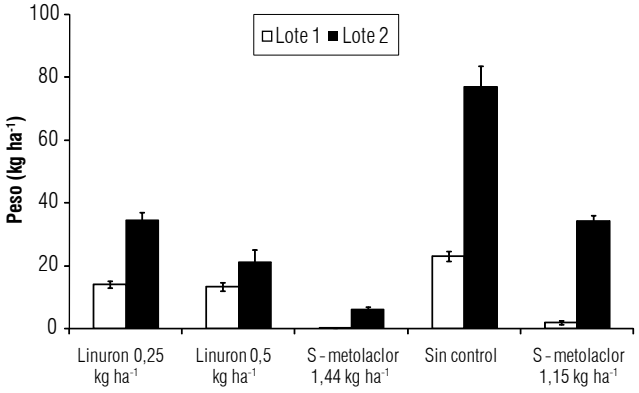

FIGURA 4. Cantidad de arvenses (peso fresco) al momento de desyerbe (30 dds) en las dos fincas en Cota. Las barras sobre las columnas indican error estándar.

Discusión

Las propuestas de manejo de las poblaciones de arvenses deben generarse a partir del estudio del efecto de la comunidad arvense sobre las plantas de cultivo, expresado en términos de disminución de rendimiento, y de la misma manera han de incorporar la evaluación de las diferentes prácticas de control de arvenses en cada uno de los estados de desarrollo de las plantas de cultivo. En condiciones comerciales, el uso de herbicidas selectivos es una alternativa para tener en cuenta por presentar ventajas para el control, como es la oportunidad de la práctica.

Actualmente para el cultivo de la espinaca en el país, la disponibilidad de herbicidas selectivos es nula, pero los resultados del ensayo de selectividad realizado en el presente estudio muestran como alternativa al ingrediente activo *S*-metolaclor, aplicado en pre-emergencia. Igualmente, los resultados en condiciones de campo, considerando las diferencias de los dos lotes experimentales, indican que *S*-metolaclor aplicado en pre-emergencia logra los mayores niveles de reducción en el número de plantas, cobertura y biomasa de las arvenses. Estos resultados coinciden con los reportados por Fennimore *et al.* (2001).

Las aplicaciones de *S*-metolaclor dan como resultado la menor disminución en el número de plantas del cultivo durante el ciclo, el menor número de plantas de arvenses y el mayor rendimiento del cultivo (Fig. 1). Por el contrario, la mayor disminución en el número de plantas del cultivo durante el ciclo, el mayor número de plantas de arvenses y el menor rendimiento del cultivo se alcanzan con la no realización de prácticas de control.

En términos técnicos y socioeconómicos, la aplicación de *S*-metolaclor a concentración de 1,44 kg ha^{-1} i.a. es la propuesta más adecuada para el cumplimiento de los objetivos del presente trabajo. Con la utilización de este herbicida se logran disminuir los costos en el manejo de arvenses, pasando de 14,0 a 1,3% en los costos de producción del cultivo. Con esta reducción se consigue un incremento apreciable en la rentabilidad del cultivo, factor que genera mejora en la calidad de vida del agricultor e incremento en el área por sembrar.

Para la propuesta dirigida al grupo de agricultores que realizan control integrado (desyerba y aplicación de herbicidas), se modifica la dosis del herbicida y se elimina la aplicación después de cosecha; para los agricultores que realizan únicamente desyerbe, se implementa la utilización de un herbicida, el cual facilita las labores del cultivo; además, el uso de herbicidas genera menores costos que el

desyerbe, debido a que se realiza en menor tiempo y con menor mano de obra (Auld y Menz, 1996).

Las diferencias entre los lotes se expresan en variables como: "especies de arvenses presentes", "número de plantas" y "cobertura de las especies", "niveles de control de los diferentes herbicidas y sus dosis" y, finalmente, los "rendimientos del cultivo". Los resultados de los ensayos realizados concuerdan con la bibliografía de competencia, en la cual a mayores niveles de competencia interespecífica (cultivo-arvenses) se presentan los menores rendimientos de los cultivos (Lotz *et al*., 1997). Además, teniendo en cuenta que la espinaca es una especie poco competitiva, se espera que la presencia de arvenses reduzca el vigor y la uniformidad del cultivo (Ohlendorf, 2005).

Un programa de manejo de arvenses debe ser permanentemente evaluado, con el fin de adaptar las estrategias utilizadas a los cambios en las poblaciones de arvenses en forma dinámica.

Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló gracias al apoyo financiero del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, del Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, de la Universidad Jorge Tadeo Lozano y de la Universidad Nacional de Colombia.

Literatura citada

Auld, B.A. 1996. Criterios económicos para el desarrollo del manejo de malezas. pp. 253-262. En: Labrada, R., J.C. Caseley y C. Parker (eds.). Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 120, FAO, Roma.

Boriss, H. y M. Kreith. 2006. Spinach profile. En: Ag Marketing Resource Center, http://aic.ucdavis.edu/profiles/Spinach-2006.pdf; consulta: marzo de 2010.

Burt, J.R. 1997. English spinach. Farmnote 37. Department of Agriculture, Australia Occidental. http://www.agric.wa.gov.au/objtwr/imported_assets/content/hort/veg/cp/leafveg/f03797.pdf; consulta: marzo de 2010.

DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2002. Censo hortícola de la Sabana de Bogotá. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Sistema de Información del Sector Agropecuario y Pesquero Colombiano (Sisac), Bogotá.

Doll, J.D. 1996. Dinámica y complejidad de la competencia de arvenses. pp. 31-37. En: Labrada R., J.C. Caseley y C. Parker (eds.). Manejo de arvenses para países en desarrollo. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 120, FAO, Roma.

Fennimore, S.A., R.F. Smith y M.E. Mcgiffen. 2001. Weed management in fresh market spinach (*Spinacia oleracea*) with *S*-metolachlor. Weed Technol. 15(3), 511-516.

Forcella, F. 1997. La aplicación de la ecología del banco de semillas en el manejo de arvenses. pp. 27-41. En: Consulta de expertos en ecología y manejo de malezas. División de Producción y Protección Vegetal, FAO, Roma.

Gil, C., R., D. Carrillo y J. Jiménez. 2007. Determinación de las principales plagas de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en Cota, Colombia. Rev. Colomb. Entomol. 33(2), 124-128.

Harvey, G.R. 1997. Una simple técnica para predecir los futuros problemas de arvenses y seleccionar las mejores prácticas para el manejo de arvenses. pp. 27-41. En: Consulta de expertos en ecología y manejo de malezas. División de Producción y Protección Vegetal, FAO, Roma.

Ingerson-Majar, J., G. Hamilton, S. Garrison, K. Holmstrom, G. Ghidiu y B. Majek. 2003. Crop profile for spinach in New Jersey. En: Integrated Pest Management Centers, http://www.ipmcenters.org/CropProfiles/docs/NJspinach.pdf; consulta: marzo de 2010.

Kendrick, J.B. y J.T. Middleton. 1954. Funnel-leaf of spinach induced by 2, 4-D. Bull. Torrey Bot. Club 81(2), 137-140.

Labrada, R., J.C. Caseley y C. Parker. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 120. En FAO, Roma.

LeStrange, M., S. Koike, J. Valencia y W. Chaney. 1996. Spinach production in California. En: Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7212.pdf: consulta: marzo de 2010.

Lotz, L.A.P., R.M.W. Groeneveld, J. Theunnisen y R.C.F.M. Van Den Broek. 1997. Yield losses of white cabbage caused by competition with clovers grown as cover crop. Neth. J. Agric. Sci. 45, 393-405.

Lucier, G., J. Allshouse y B.-H. Lin. 2004. Factors affecting spinach consumption in the United States. VGS-300-01. En: Economic Research Service, USDA, www.ers.usda.gov/publications/VGS/jan04/vgs30001/vgs30001.pdf; consulta: marzo de 2010.

Lucier, G. y C. Plummer. 2003. Vegetables and melons outlook. VGS-297. En: Economic Research Service, USDA, www.ers.usda.gov/publications/vgs/jun03/vgs297.pdf; consulta: marzo de 2010.

Martínez, M. y P. Alfonso. 2003. Especies de malezas más importantes en siembras hortícolas del valle de Quíbor, estado Lara, Venezuela. Bioagro 15(2), 91-96.

Mortimer, M. 1997. La necesidad de los estudios sobre ecología de arvenses para mejorar el manejo de arvenses. pp. 17-26. En: Consulta de expertos en ecología y manejo de malezas. División de Producción y Protección Vegetal, FAO, Roma.

Muñoz, J.D., L.J. Martínez y R. Giraldo. 2006. Variabilidad espacial de propiedades edáficas y su relación con el rendimiento en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). Agron. Colomb. 24(2), 355-366.

Nicholls, C.I. y M.A Altieri. 1997. Conventional agricultural development models and the persistence of the pesticide treadmill in Latin America. Int. J. Sustain. Dev. World Ecol. 4, 93-111.

Ohlendorf, B. 2005. Spinach UC IPM pest management guidelines. UC ANR Publication 3467. UC Statewide IPM Program, University of California, http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/selectnewpest.spinach.html; consulta: marzo de 2010.

Ortiz, A. 2005. Efecto de interferencia del arroz rojo sobre el rendimiento y sus componentes en las variedades de arroz zeta 15 y fonaiap 2000. Agron. Trop. 55(1), 7-34.

Pimentel, D. 1997. Techniques for reducing pesticide use: economic and environmental benefits. Jhon Wiley and Sons, Chichester, UK.

Rodríguez, M., G. Plaza, R. Gil, B. Chaves y J. Jiménez. 2008. Reconocimiento y fluctuación poblacional arvense en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) para el municipio de Cota, Cundinamarca. Agron. Colomb. 26(1), 87-96.

Stall, W.M. 2006. Weed control in leafy vegetables (lettuce, endive, escarole and spinach) (en línea). Series of the Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida HS203, http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/WG/WG03100.pdf; consulta: marzo de 2010.

Upadhyaya, M.K. y R.E. Blackshaw. 2007. Non-chemical weed management, principles, concepts and technology. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Valverde, E.V. 2004. Manejo de la resistencia a los herbicidas en los países en desarrollo. pp. 183-298. En: Labrada, L. (ed.). Manejo de malezas para países en desarrollo (Addendum I). Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 120, FAO, Roma.