

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Juan Manuel Arrieta Herrera¹

ABSTRACT

Title: Control Studies on composite weeds in highland pastures.

A series of physiological and morphological studies was conducted to identify potential methods to control the weeds *Senecio inaequidens* and *Sonchus oleraceus* in highland pastures of the Colombian Andean Region. The effect of light as well as the day/night temperature ratios on the weed seed germination and weed growth was measured. Results indicated that seed age and both quality and quantity of light affected the seed germination of both weed species.

Day/light temperature ratio (with an optimum at 20/15°C) did not affect leaf or achene production. Based on phenological curves for these species it is recommended that control methods should be applied before 40 days after weed germination, since at this stage the weed control turns to be extremely difficult due to the formation of a rosette structure that makes the plant more resistant to phenoxid, benzoic, picolinic acid, and isoxazolidone herbicides. This study also indicated that senecio's growth and development are favored by high soil moisture, which explains the invasive behavior of this weed on irrigation channels and flooded areas.

Two cultural methods were tested to reduce the weed seeds in the soil. The "pasture renovator" system showed a 23% seed reduction, while mowing the pasture every 45 days resulted in a 20% seed reduction. Additionally two potentially useful biocontrol agents were identified: *Homeosoma oconequensis* and *Ensina Hyallipennis* which reduced to 50 % or more the population of the two weeds. Results suggest that morphological and ecophysiological parameters could be used to design and develop weed management practices (cultural, chemical and biological), which could be integrated into an economically feasible weed management model.

Keywords: Pasture, Weed Control, Weed ecophysiology, Biological control, *Senecio inaequidens*, *Sonchus oleraceus*

1. Investigador Adjunto; Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas-MIP, CORPOICA, C.I. Tibaitatá. Mail to: jarrieta@corpoica.org.co

* Con énfasis en *Senecio inaequidens* DC.

Aspectos sobre el control de malezas compuestas en pastos dedicados a la ganadería de leche*

RESUMEN

Con el objeto de encontrar métodos de control oportunos y eficientes de *Senecio inaequidens* y *Sonchus oleraceus*, se desarrollaron una serie de observaciones sobre la ecofisiología y morfología de estas especies de malezas y se probaron algunos métodos de control cultural, químico y biológico. Los resultados mostraron que la edad de la semilla, la cantidad y calidad de la luz percibida, tienen una incidencia proporcional sobre la tasa de germinación. La relación entre la temperatura día/noche es inversamente proporcional a la producción de capítulos florales y hojas, con óptimos entre 20°/15° C. Al analizar la curva fenológica de *S. inaequidens*, se encontró que los 40 días es la época óptima de control, mientras que a los 50 días la planta toma la forma de roseta y adquiere resistencia bioquímica a grandes grupos de herbicidas. Los resultados indican que el crecimiento y desarrollo de *S. inaequidens* se incrementa bajo condiciones de alta humedad del suelo, de allí que esta especie coloniza fácilmente bordes de canales y áreas inundadas en lotes agrícolas. En cuanto al control químico, *S. inaequidens* es una especie cuyo estado adulto es muy tolerante al amplio grupo de herbicidas derivados de los fenoxidos, del ácido benzoico, del ácido picolinico y de las isoxazolidinonas. Cuando se usaron algunos métodos mecánicos en la preparación del suelo, para el manejo del banco de semillas de malezas, el renovador de praderas redujo en un 23% el número de semillas; posteriormente se realizaron dos pases de guadaña cada 45 días para cortar la floración de la maleza que emerge posteriormente; la reducción fue de 20% más. En cuanto al control biológico se encontraron dos especies de insectos: *Homeosoma oconequensis* y *Ensina hyallipennis*, cuya actividad redujo en más de 50% las poblaciones de *Senecio inaequidens* y *Sonchus oleraceus*, siendo su incidencia y severidad mayor en el segundo semestre del año. La información generada permite suponer que los parámetros morfológicos y ecofisiológicos analizados servirían como herramientas de conocimiento que, integradas con algunos métodos de manejo cultural, biológico y químico, conformarían un modelo para el control de estas especies de malezas en praderas de trópico alto.

Palabras clave: Pastos, malezas, control biológico, ecofisiología de malezas, *Senecio inaequidens*, *Sonchus oleraceus*.

INTRODUCCIÓN

EN COLOMBIA, la mayor parte de la alimentación animal se basa en el uso de pastos y forrajes. El área que se dedica a esta actividad, sólo en el Departamento de Cundinamarca, es de 1.174.014 ha. En los últimos diez años estas áreas se han visto invadidas por malezas de la familia Compositae, particularmente en fincas dedicadas a la producción especializada de leche. Esta familia se encuentra entre los grupos taxonómicos vegetales con un mayor número de géneros (1.300) y de especies (21.000) de suerte que, en algunas oportunidades, otras familias como las Achicoraceae son consideradas como una tribu de ella. Se la conoce también como Asteraceae (el nombre más común), Carduaceae,

Aggregatae, Cichoriaceae y vulgarmen- te thistles o cardos; agrupa aquellas especies compuestas con estructuras espinosas o vellosidades algodonosas en hojas, tallos e inflorescencias. A nivel mundial se la considera la segunda familia botánica con mayor incidencia como maleza con 32 especies, después de las gramíneas que cuentan con 44 especies (Akobundu, 1986).

Dentro de la familia de las Compositae, el género quizás más importante actualmente es el de los Senecios y, en especial, la especie *Senecio inaequidens* DC (Figura 1), planta de origen africano, erecta, herbácea, a menudo muy ramificada, que alcanza 60 cms de alto y es muy común en la costa norte de Australia, relacio-

nada muy estrechamente con *Senecio madagascariensis* Poir. A pesar que su distribución es muy restringida por factores climáticos, los modelos de abundancia pueden variar considerablemente de acuerdo con el estado en que se encuentren las praderas, los suelos y los sistemas de cultivo. Estudios realizados por Afan y colaboradores (2001), muestran que *Senecio inaequidens* tiene un alto potencial de invasión debido a dos mecanismos: a) su elevada tasa de emergencia y establecimiento de plántulas, y b) su resistencia frente a restricciones ambientales.

Problemática de las malezas en las praderas

Muchos factores exigen que se tecnifique el manejo de las praderas cada día más con el fin de recuperar gran parte de su potencial devaluado por ineficientes técnicas agronómicas. Dentro de los factores limitantes de mayor incidencia en la producción ganadera está el manejo inadecuado de las malezas; éstas reducen considerablemente la capacidad de carga de las praderas al causar una baja producción de forraje. Además, afectan negativamente el valor nutritivo del forraje por cuanto la calidad nutritiva de una pradera depende, no sólo de su manejo agronómico, sino también de su composición botánica (Figura 2).

La infestación de malezas es básicamente efecto de una carga inadecuada de las praderas; cuando la carga es demasiado baja se puede desperdiciar el pasto, el cual no sería consumido en el estado apropiado, tornándose leñoso y de poca aceptabilidad para el ganado. Por el contrario, el pastoreo en época de escasez tiende a debilitar el pasto, pues introduce una demora en la recuperación de las praderas que reduce el forraje y brinda oportunidad a la proliferación de malezas al no existir un pasto vigoroso que les compita (Figura 3).

En Colombia, estudios hechos por CORPOICA (1995) han reportado dentro de este gran grupo taxonómico especies como *Senecio inaequidens* DC, *Sonchus oleraceus*, *Conyza bonariensis* (L.) Cronq., *Gnaphalium americanum* Mill. y *Cirsium vulgare* L., entre las cuales se destacan principalmente las dos primeras (Figura 1). A pesar de que en nuestro medio aún no se conocen cifras exactas acerca de las pérdidas económicas y de los costos adicionales que ocasionan estas especies por efecto de su presencia y control, es notorio el daño actual y el que pueden



Figura 1. Especies de "cardos", (A) *Senecio inaequidens* y (B) *Sonchus oleraceus*, comúnmente asociados con pastos de clima frío.



Figura 2. Praderas sobrepastoreadas que son susceptibles de sufrir gran infestación de "cardos".



Figura 3. Niveles de invasión alcanzados por *Senecio inaequidens* en praderas con mal manejo del pastoreo y de las especies malezas.

ocasionar en el futuro si se tiene en cuenta su rápida dispersión, las altas densidades de población, su asociación en comunidad con otras malezas y la abundancia relativa que presentan en las praderas de clima frío (Figura 3).

Estas especies son de gran significado agrícola por cuanto compiten con los pastos y disminuyen el rendimiento de éstos, impiden el libre movimiento del ganado, su consumo causa algunas enfermedades (caída del pelo o lana) llegando a causarles la muerte (Salyi, 2001), y en algunos casos, dan mal olor a la leche. La densidad de estos cardos pueden alcanzar el número de 70 plantas/m² o aún más. Además de los efectos competitivos directos, algunas especies tienen propiedades alelopáticas por su alto contenido de alcaloides y terpenos (Woodward y Glenn, 1983; Gómez, 1999; Vrieling y De Boer, 1999; De Boer, 1999).

Ecofisiología de la especie

Banco o reservorio de semillas en el suelo. La semilla de *S. inaequidens* es un aquenio de aproximadamente 2.1 mm de longitud, 0.3 mm de diámetro y un peso de 0.0093 gr por cada 100 semillas. De acuerdo con el tamaño de la planta en formación y la duración de la fase de desarrollo, el número de semillas producidas puede alcanzar hasta 22.000 unidades/planta, con una viabilidad de 90%. Para el caso de *Sonchus oleraceus*, se ha podido cuantificar el número de semillas en 18.000 semillas/planta, con un porcentaje de viabilidad de 95% (Arrieta, 2001).

La composición y densidad de semillas en el suelo varía ampliamente y se encuentran muy estrechamente ligadas a la historia de las siembras en las áreas de cultivo. El banco de semillas de malezas en las praderas consta generalmente de semillas de especies predominantes en áreas no cultivables. La longevidad de estas semillas latentes varía considerablemente según la especie, el sistema de preparación del suelo y la profundidad a la cual se encuentran.

La infestación continua de los pastos y otros cultivos por cardos depende en alto grado de la persistencia de semillas viables "sobre y debajo" de la superficie del suelo. Por ejemplo, de cada planta de *Cardus lanatus* que crece en el terreno, tres o cuatro semillas latentes existen debajo de éste, alcanzando poblaciones totales tan grandes como 1.000 semillas/m² (Pook, 1983).

Estudios desarrollados en Colombia (Arrieta, 2000; Mila, 2001) con el objeto de

evaluar el efecto de los métodos mecánicos sobre el manejo de *Senecio inaequidens* DC en praderas degradadas de kikuyo, usando para ello tres implementos (renovador de pastos, rotovator y rastra), permitieron establecer que la secuencia de la disminución de semillas de esta especie en el suelo, por efecto del tratamiento utilizado, fue como sigue: renovador de pastos > rastra > rotovator, con tasas de disminución de 23, 22 y 17 %, respectivamente. Cuando adicionalmente al uso de los implementos se realizaron dos pases periódicos de guadaña (cada 45 días), las tasas de disminución fueron de 20% más, por el sólo hecho de no dejar florecer las plantas que escaparon a los tratamientos utilizados (Figura 4).

Periodicidad de la germinación. Estudios efectuados en la Sabana de Bogotá con pasto kikuyo en competencia con las especies *Sonchus oleraceus* y *Senecio inaequidens* (Arrieta, 2000) dieron como resultado que la primera de estas malezas tiene un mayor período de latencia y un mayor escalonamiento en la germinación (Figura 5). Se cree que la acumulación de los nitratos en el suelo durante las épocas de escasa humedad o verano, estimulan la germinación y el crecimiento de los cardos al disolverse con la llegada de las lluvias (Sindel, 1989).

Sindel (1989) investigó los factores de éxito de varias especies de pastos en competencia con *Senecio madagascariensis*:

La secuencia de germinación y el tamaño de la semilla, dieron a las especies de gramíneas la habilidad para ocupar el suelo y desplegar un área foliar mayor y más temprano que sus competidores.

S. inaequidens crece generalmente entre la sombra de las pasturas; de allí su fuerte competencia por los nutrientes del suelo (nitrógeno y fósforo) y también por la luz. Sin embargo, cuando *Lolium multiflorum* cv. Concord (raigrass) creció conjuntamente con *Senecio inaequidens*, en condiciones de altas densidades de siembra y fertilidad de los suelos, formó una densa cobertura y sombra a la maleza, alcanzando amplias ventajas de competencia (Sindel, 1989).

Estudios adelantados en el Centro de Investigaciones Tibaitatá (CORPOICA) bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, mostraron que la relación entre la edad de la semilla (después de desprenderse de la inflorescencia) y la cantidad y calidad de la luz percibida, tuvieron una alta incidencia sobre la tasa de germinación de *S. inaequidens*. Como se observa en la Figura 6, cuando las semillas estuvieron bajo un nivel de luz normal (1015 µE.m⁻².s⁻¹), la tasa de germinación fue mayor en las semillas con más de 780 ddc (días después de cosechadas) (SML: semillas maduras con luz), mientras que la germinación en las mismas semillas pero bajo oscuridad (SMO: semillas maduras en oscuridad) fue la más baja. En las semillas con 60 ddc (SIL: semillas inmaduras bajo

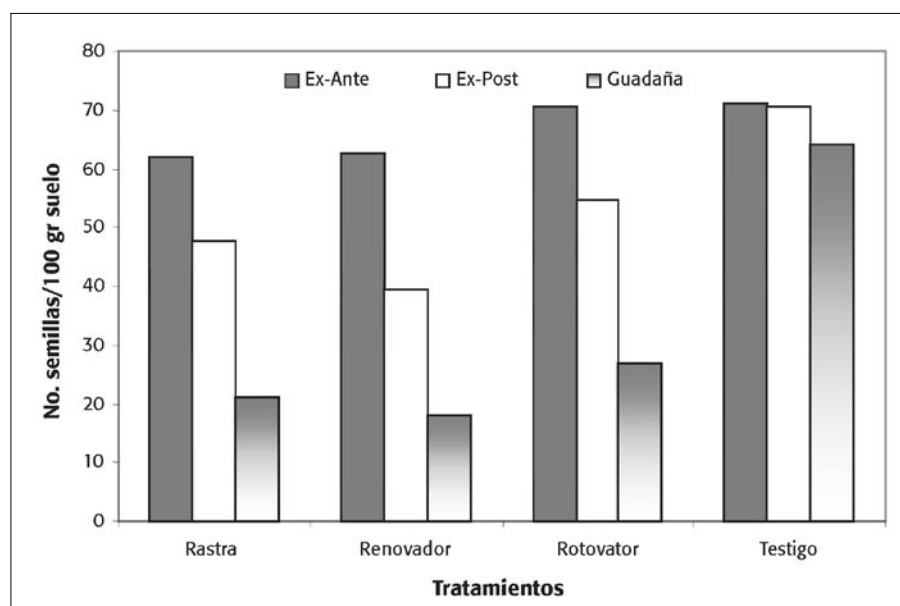


Figura 4. Dinámica de reducción de las semillas de *S. inaequidens*, según el sistema de mecanización del suelo empleado (rastra, renovador, rotovator y testigo) antes de la preparación del suelo (Ex-ante), 30 días después de esta labor (Ex-post) y con el paso de guadaña 75 días después del establecimiento del pasto.

luz), la tendencia también fue igual que el caso anterior; sin embargo, las semillas inmaduras bajo oscuridad (SIO), tienen un mayor porcentaje de germinación que las semillas maduras bajo oscuridad a medida que transcurre el tiempo.

Lo anterior se debe fundamentalmente a la alta respuesta fotocromática que muestran estas especies y a la gran cantidad de reservas alimenticias que posee la semilla. Además, esto también explica el hecho de que esta semilla germine inmediatamente cae al suelo proveniente de la planta madre o cuando reposa por tiempo indeterminado en el pasto, hasta cuando es removida por el animal o por alguna labor mecánica.

Otros estudios adelantados por Heranz y colaboradores (2002), bajo condi-

ciones controladas a diferentes temperaturas constantes (5, 10, 15, 20 y 25° C), mostró que el género *Senecio* tuvo altos niveles de germinación (65 - 100%) cuando se colocó en el rango de temperaturas entre 10 y 25° C.

El mecanismo clave para el control de *S. inaequidens* parece ser el de evitar la germinación y el establecimiento de plántulas, estrategia que se ha alcanzado con *S. jacobaea*, estimulando el crecimiento de las pasturas a través de la fertilización, manejo del agua y ciertas labores de mantenimiento (renovador de praderas). La oportunidad de aplicación de las medidas culturales anteriormente mencionadas, es el elemento más importante en el objetivo de prevenir las respuestas de las semillas de *Senecio*.

Desarrollo y floración. La curva de desarrollo de los cardos varía entre especies y depende de la época de germinación. Los factores ambientales que más inciden en el desarrollo son la temperatura y la longitud del día, las cuales interactúan cuantitativamente y pueden, a veces, ser modificados por el tiempo de duración de las bajas temperaturas y por el tamaño del estado de roseta (fase de crecimiento no activo). La competencia de los pastos puede reducir el crecimiento de los cardos en estado de plántula y doblar el tiempo necesario para que éstos inicien la floración, permitiendo que una alta proporción de plantas se comporten como bianuales.

Estudios realizados en el C.I. Tibaitatá sobre el desarrollo de *S. inaequidens* han podido establecer que a los 50 días después de su germinación se presenta un estado de "roseta", en el cual la especie es bastante tolerante a cualquier aplicación de herbicidas (Figura 7); igualmente, si en esta época la planta sufre un estrés intenso, inmediatamente emite su primera inflorescencia (con 3 o 4 botones). A los 70 días comienza la fase de mayor producción de hojas y de elongación del tallo principal y de la raíz (Arrieta, 2001). Del análisis de la curva fenológica se puede concluir que a los 40 días la especie está en la época en que aún no ha emitido los primeros botones florales, edad en la cual resulta óptima para su manejo o control. En períodos secos la especie se presenta con poco follaje, alcanzando su máxima producción de materia seca a los 140 días, al igual que un mayor número de inflorescencias y botones florales, con aproximadamente 5.000 semillas por planta. Cuando las condiciones climáticas son demasiado húmedas, la mayor producción de hojas y materia seca se alcanza a los 270 días.

En la Figura 7 también se puede observar la estrecha relación entre el número de hojas y el de botones florales (inflorescencia), es decir, una alta proporción de la tasa fotosintética de la planta se traduce básicamente en formación de botones florales a partir de los 40 días. De igual manera, se aprecia un mayor desarrollo radicular frente a las demás estructuras morfológicas, lo cual supone que esta característica le permite a la especie colonizar ambientes secos y suelos con altos niveles de compactación.

Factores ambientales que inciden en el crecimiento y desarrollo de los cardos

pH del suelo. El pH del suelo influye poco en la producción de hojas, la altura de la planta y el número de capítu-

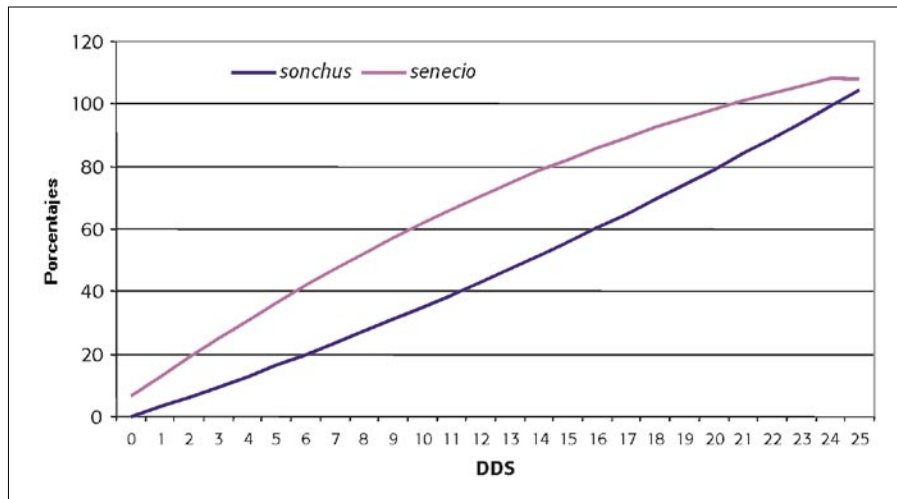


Figura 5. Periodicidad en la germinación de *Senecio inaequidens* y *Sonchus oleraceus*.

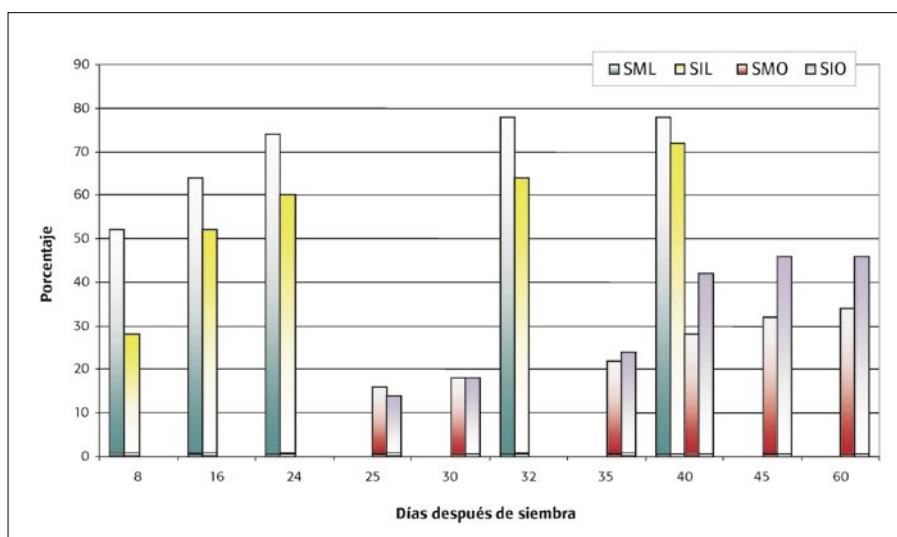


Figura 6. Porcentaje de germinación de *S. inaequidens* y *Sonchus oleraceus*, según la edad de la semilla y condiciones de luz establecidas. SML: semillas maduras con luz; SIL: semillas inmaduras bajo luz; SMO: semillas maduras en oscuridad; SIO: semillas inmaduras en oscuridad.

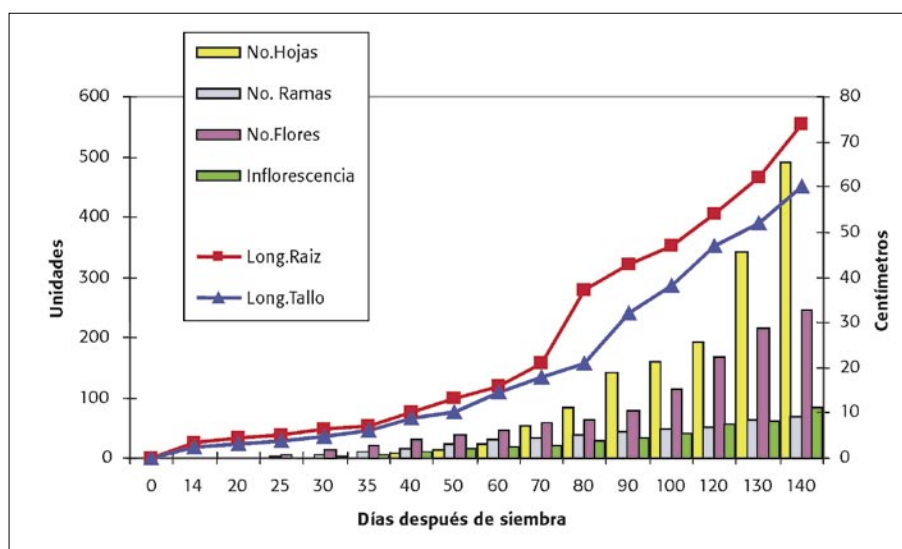


Figura 7. Curva de crecimiento y desarrollo de diferentes estructuras de la especie *S. inaequidens*.

los florales producidos por los cardos. Los mayores efectos de este parámetro se manifiestan en la acumulación de la materia seca. Por ejemplo, plantas que crecieron a un pH de 5.2, tuvieron entre 29 y 31% menos de materia seca que las plantas que crecieron a pH de 6.2 y 7.2, respectivamente. La producción de hojas y la distribución de la biomasa en estas plantas no se vieron afectadas por el pH del suelo y, las plantas que crecieron a bajos niveles de pH, arrojaron 14% menos de biomasa en las raíces, comparadas con la de otros tratamientos (Zollinger, 1991).

Agua del suelo. Las plantas de cardos que crecen bajo completa saturación de agua del suelo producen 32% más de hojas, alcanzan una altura mayor del 6% y un 133% más de capítulos florales, que las que se desarrollan a capacidad de campo. Esto se debe posiblemente a que *Senecio* y *Sonchus*, son plantas eficientes en el uso del agua, es decir, sus mecanismos de translocación y de movimiento estomatal funcionan eficientemente, utilizando la mayor cantidad de agua posible en acelerar sus procesos de conductancia estomatal, expansión celular, síntesis de proteínas y fotosíntesis. La capacidad reproductiva y la iniciación de la floración demora cinco semanas en las plantas que crecen en suelos con menos de la capacidad de campo. Un 70% de reducción en la acumulación total de materia seca se observa en plantas que crecen bajo condiciones de sequía (-1 bar), comparadas con aquellas que lo hacen en condiciones de saturación (-0.1 bar).

Las plantas desarrolladas con diferentes niveles de contenido de agua tienen similar peso foliar, pero las que crecen bajo capacidad de campo tienen menos área foliar. Estos resultados indican que el crecimiento y el desarrollo se incrementan bajo condiciones de alta humedad en el suelo (superior a -0.1 bar), debido a que también es una especie que profundiza su sistema radicular hasta conseguir el agua en el suelo. Por esta razón, *S. inaequidens* coloniza fácilmente los bordes de canales y áreas húmedas (Martínez-Ghersa, 1997).

La respuesta de *Sonchus arvensis* y de otros cardos al pH y contenido de agua del suelo, indica que esta especie es más competitiva en sitios de drenaje pobre, con suelos de alta capacidad de retención de agua y altos niveles de pH.

Intensidad de la luz. La mayoría de los cardos no sólo exhiben una respuesta fotocromática positiva para su germinación, sino que su comportamiento biológico se ve ampliamente modificado por la intensidad de la luz. Las plantas que crecen bajo una intensidad de luz normal ($1015 \text{ uE m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ PPF}$; PPF: *photosynthetic photon flux*), presentan 2.3 veces más hojas y 4 veces más capítulos por planta, que aquellas que crecen con déficit de luz ($285 \text{ uE m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ PPF}$). La altura de las plantas es mayor durante el período de luz normal en las primeras ocho semanas de crecimiento (Plummer, 1998).

Temperatura. Las plantas crecidas en una temperatura día/noche de 20/15°C producen 61% más hojas, el diámetro de

su estado de roseta es 38% más grande, presentan un 42% de mayor altura y un 20% más de capítulos que las plantas que crecen a 30/25°C de temperatura día/noche y la acumulación de peso seco, excepto el de la raíz, sigue modelos similares. Las plantas crecidas a 20/15°C producen 1.5 veces más peso seco que las desarrolladas a otras temperaturas.

La distribución tanto de la biomasa como del área foliar se incrementa en las plantas a 20/15°C. La tasa de asimilación, seis semanas después de plantadas, resulta más alta a estas temperaturas alternas (20/15°C), disminuyendo un 70% cuando se encuentran en una relación de temperaturas 10/5°C. La transpiración en las plantas que crecen a 30/25°C es 2.4 y 6 veces mayor que la de las que crecen a 20/15°C y 10/5°C, respectivamente (Gealy, 1994).

Estrategias para el control

El control de malezas es una labor que redundará en mayores beneficios siempre y cuando se integre con las demás prácticas culturales como la fertilización, el riego, la rotación de potreros, los pastos mejorados y adaptados a la región y la época óptima de pastoreo. Algunos trabajos han reportado ganancias superiores al 30% en la producción de forrajes con el empleo de prácticas eficientes en el control de las malezas (Bernal, 1996).

Prácticas culturales. La mayoría de las prácticas agronómicas tienen una influencia notable sobre la aparición y posterior desarrollo de malas hierbas. La utilización de alternativas adecuadas, el establecimiento de cultivos sanos y vigorosos y su correcto mantenimiento son esenciales para conseguir un adecuado control de la vegetación adventicia.

Competencia de pasturas. El crecimiento del forraje en las praderas está controlado por una gran cantidad de factores: los exógenos, tales como la humedad, la temperatura, la luz solar; los endógenos, como la capacidad de los pastos para desarrollarse, su follaje, su densidad y su grado de crecimiento en relación con su patrón de germinación. En general, las variedades de pastos que poseen un desarrollo rápido y un follaje denso, son mejores competidores que las de porte bajo y escaso vigor.

El principio esencial de un programa para el control de cardos debe ser la provisión de una densa, vigorosa y competitiva pastura, particularmente durante

la germinación y el establecimiento de la pradera. En general, los cardos son débiles o más susceptibles al control en un estado de plántula, o cuando pasan de plántulas al estado de roseta. Por ejemplo, el porcentaje de plántulas de *C. vulgare* que sobrevivieron en su paso por el estado de roseta fue del 10% bajo condiciones de pastoreo y de 0.2% sin pastoreo.

El hecho de que los thistles se encuentran a menudo sólo en lugares descubiertos (calvas), que algunas especies requieren luz para su germinación y que su crecimiento es sistemáticamente reducido por las sombras, indican que es posible el control a través de la competencia por la luz.

Pook (1983) concluyó que el 80% de la intercepción de la luz por los pastos fue necesaria para una efectiva reducción del crecimiento de *S. marianum* y *Onopordum* sp. La competencia por la humedad del suelo (particularmente en condiciones de alta temperatura) también puede inhibir la germinación de semillas de cardos.

Manejo del pastoreo. El mal manejo de las praderas puede incidir en la invasión de potreros por los cardos, alterando, en primera instancia, la competitividad de las especies de pastos, de allí la necesidad de regular la duración, el tiempo y la intensidad del pastoreo con el fin de aumentar el forraje deseables para el ganado y disminuir las malezas.

El sobrepastoreo y el subpastoreo causan la aparición de nuevas especies o el fomento de las ya existentes. En especial porque el sobrepastoreo expone la superficie del suelo a la luz y habilita la germinación de semillas de malezas, las cuales, sin la competencia de los pastos, crecerán rápidamente. Un pastoreo que no agote la capacidad productiva de un potrero, por debajo del 40%, favorecerá los programas de control de malezas. En algunas oportunidades el sobrepastoreo, principalmente cuando hay leguminosas en asocio con gramíneas, ayuda a que estas especies adquieran un mayor nivel de competencia y logren así eliminar o reducir notoriamente la población de algunas malezas (Bernal, 1996).

Cortes con guadañas. El uso de la guadaña sólo es efectivo para prevenir la producción de semillas de las malezas, si esta labor se realiza en la fase de prefloración. Sin embargo, ésta puede verse

afectada por el mecanismo de floración secuencial de ciertos cardos.

Según los estudios mostrados en la Figura 4, los dos pases de guadaña a un lote invadido por *Senecio inaequidens*, ocasionan una reducción adicional del 20% frente a otras medidas de control.

Leigh *et al.* (1989) encontraron que, aunque la producción de semillas de estas especies, se redujo en un rango del 67 al 99% cuando las plantas se cortaron en el primer estado de floración, el restante 30 y 1% fueron suficientes para asegurar y, más aún, aumentar el número de individuos para un segundo ciclo.

Estrategias de fertilización potencial para el control de malezas. Los cardos se usan a menudo como indicadores del estado de fertilidad de un suelo; sin embargo, son pocos los trabajos realizados en este sentido. Aunque se conocen y se tienen algunas evidencias de que los niveles de fósforo por encima de lo normal (para cada tipo de suelos), incrementan la prevalencia de *S. madagascariensis*, otros estudios no encuentran relación alguna (Lynch & Strang, 1973).

Otros ensayos realizados por Sindel y Michael (1992), indican que *S. madagascariensis*, muy cercano a *S. inaequidens*, no

se confina simplemente a suelos de alta o baja fertilidad (Figura 8). Los resultados mostraron que en suelos con alta fertilidad *S. madagascariensis* creció más, asociada con avena, que cuando estuvo sola; contrariamente, la avena creció menos asociada con *Senecio*, que sin esta asociación. Siguiendo la terminología de Donald (1963), *Senecio* puede ser catalogada como planta agresora mientras que la avena es la planta suprimida debido a los altos niveles de nutrientes del suelo.

En un ensayo sobre la interacción maleza-fertilidad, Alkamper (1976) señaló que, en general, las malezas absorben rápidamente los fertilizantes y en cantidades relativamente mayores, derivándose de allí sus grandes ventajas. Los contenidos de minerales en plantas de *Senecio* y avena no fueron aquí determinados, pero en términos de los efectos principales sobre el peso seco total, *S. madagascariensis* respondió más al nitrógeno y al fósforo que la avena cuando las dos especies crecieron juntas; por el contrario, la avena respondió mejor al crecer sola.

La dinámica del crecimiento parece ser igualmente importante. Sindel y Michael (datos no publicados) mostraron que la tasa de crecimiento relati-

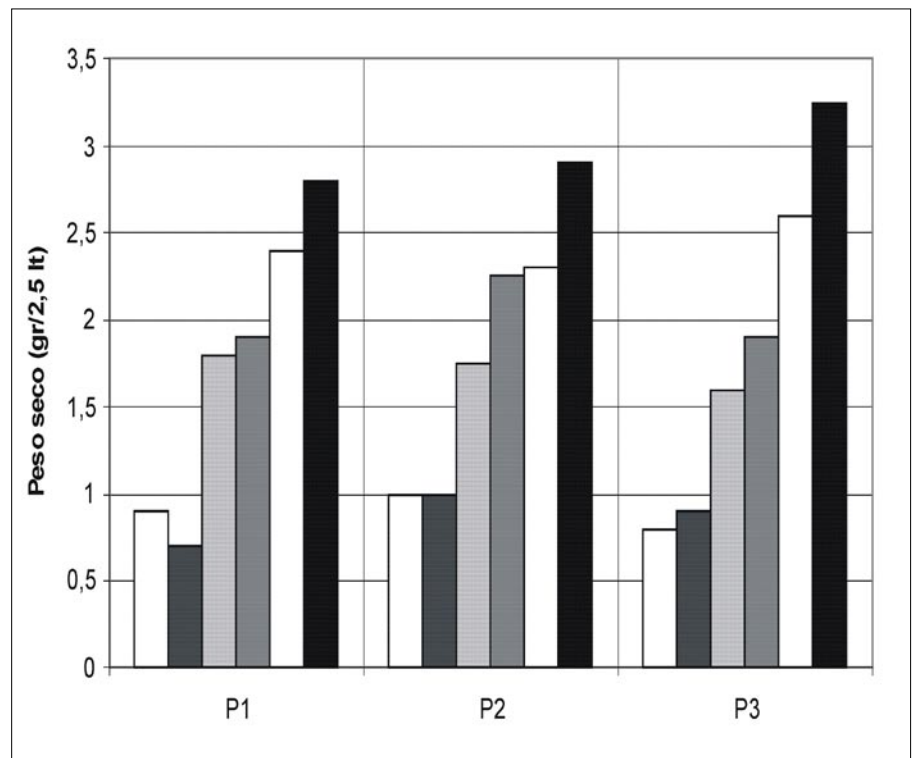


Figura 8. Comportamiento de *S. madagascariensis* frente a diferentes niveles de N (0, 80 y 160 kg/ha de urea al 47%) y P (0, 15 y 30 kg/ha de superfosfato al 9.1%) en monocultivo (columna en blanco) y asociada (columna sombreada).

vo de *Senecio madagascariensis* durante las diez primeras semanas fue mucho más elevada que la de la avena. El crecimiento de *Senecio* se incrementó significativamente por el nitrógeno y el fósforo pero no por el potasio. Por un efecto poco común, el porcentaje del peso seco de los capítulos aumentó por el potasio en todos los niveles de nitrógeno y fósforo. *S. madagascariensis* parece usar en forma eficiente las condiciones de fertilidad con las cuales incrementar su relativo esfuerzo reproductivo y su potencial invasor.

Los cambios en la composición de las pasturas pueden, algunas veces, estar relacionados con la aplicación de fertilizantes. Por ejemplo, la aplicación de nitrógeno y fósforo permite la dominancia de *Bromus sp.* (Pearson e Ison, 1987).

Control biológico. En Colombia, se ha reportado un insecto identificado como *Homeosoma oconequensis* Dyar (Lepidóptera: Pyralidae) que consume semillas inmaduras dentro del capítulo floral de *Senecio inaequidens*, mientras que en el caso de *Sonchus oleraceus*, se detectó el insecto *Ensina hyallipennis* (Díptera : Tephritidae) (Arrieta, 1996).

Basados en este conocimiento se desarrolló un proyecto en siete municipios de clima frío del Departamento de Cundinamarca, el cual consistió en monitorear la interacción insecto-maleza, evaluar la acción o daño de los insectos sobre las malezas en estudio y caracterizar sus potencialidades como agentes seguros de control (Arrieta y otros, 2001).

Los resultados mostraron que los insectos *Homeosoma oconequensis* y *Ensina hyallipennis* son monófagos, es decir, según la metodología de libre elección y no elección estandarizada para esa investigación, presentan una alta especificidad hacia las malezas *Senecio inaequidens* y *Sonchus oleraceus*. Los ciclos de vida fueron de 73 y 44 días respectivamente, con distribución agregada y regular (Najar y otros, 2001).

Según las Figuras 9 y 10, la incidencia de los insectos es mayor en el segundo semestre (Sem B vs. Sem A), debido posiblemente a que las lluvias tienden a aumentar, así como la humedad relativa y, por tanto, rigen temperaturas más bajas, lo cual hace que las poblaciones de malezas y el número de botones florales sean mayores. Otro factor que puede incidir en la mayor incidencia del insecto en el segundo semestre (Figura 9), es que en este

período las lluvias tienen una mayor frecuencia, lo que permite que las plantas de la especie arvense mantengan permanentemente follaje nuevo; ello favorece una mejor distribución de principios estimulantes de la alimentación de los herbívoros, como azúcares solubles, nitrógeno total y algunos PAs (*pyrrolizidine alkaloids*), en especial para muchos lepidópteros, estimulantes que disminuyen con el avance en la edad de la hoja (De Boer, 1999).

Por otro lado, los porcentajes de plantas de *Senecio inaequidens* afectados por *H. oconequensis* alcanzan 35 % a nivel de campo con una producción de 7 huevos/semana y una reducción de

20% en el potencial reproductivo del *Senecio*. Este reducido nivel de daño puede explicarse por las bajas poblaciones del insecto en condiciones naturales; así, la implementación de una estrategia de control biológico contempla escalar 3 veces esta población para alcanzar 80 u 85% en el control de esta especie vegetal, según las pruebas establecidas bajo condiciones controladas (Najar y otros, 2001).

Para el caso de *Sonchus oleraceus*, según el trabajo citado, los resultados son más sobresalientes, por cuanto el porcentaje de daño del insecto *E. hyallipennis* es de 70 % y la reducción del potencial reproductivo de la maleza es de 78 %; de igual

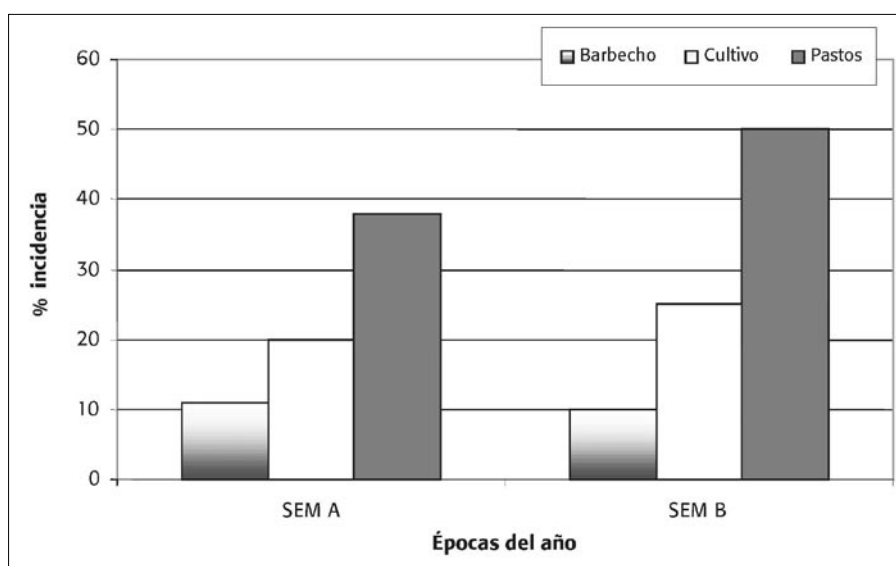


Figura 9. Porcentaje de incidencia y severidad de *Homeosoma oconequensis* (Dyar) en botones florales de *Senecio inaequidens* DC.

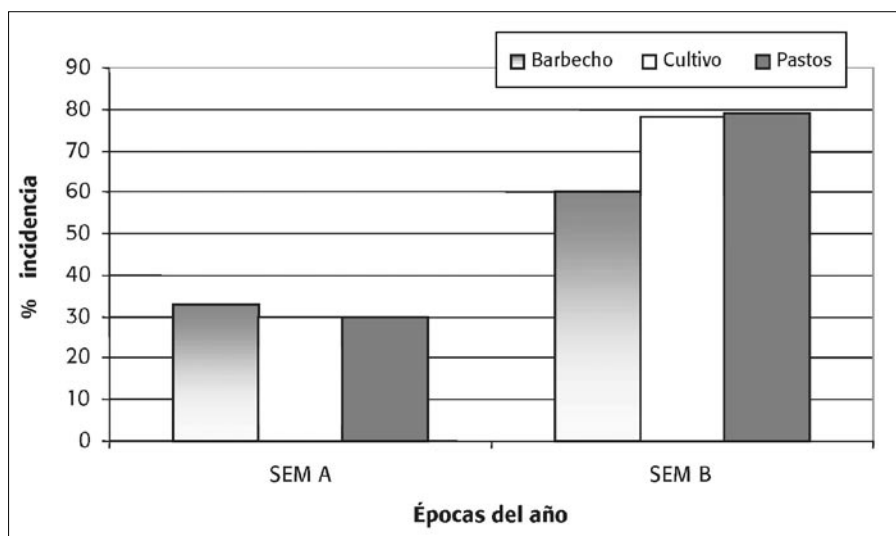


Figura 10. Control de *Sonchus oleraceus* por la acción de *Ensina hyallipennis* (Hunnig).

manera, y mucho mayor que el anterior, en el segundo semestre del año.

Control químico. El uso de productos químicos en praderas es una herramienta tecnológica que brinda buenas oportunidades al productor. La existencia en el mercado de productos selectivos y eficaces para el control de gran número de especies de malezas, hace posible su utilización, no sólo en potreros establecidos, sino también en el reestablecimiento y renovación de éstos. Existen productos selectivos para el establecimiento de gramíneas y leguminosas

Aunque se consiga un adecuado establecimiento de pastos mejorados, los herbicidas pueden ser necesarios para el control de los cardos que se establecen en las praderas o que las infestan durante las épocas de estrés. Sin embargo, aplicaciones anuales repetidas ayudan a agotar las reservas de semillas de malezas del suelo en áreas fuertemente infestadas, si bien debilitan los pastos haciéndolos más susceptibles a subsecuentes invasiones y contribuyen al desarrollo de biotipos resistentes a los herbicidas.

Algunas especies de cardos se convierten en serios problemas en las praderas por su carácter perenne y por las raíces profundas que les sirven de medio de reproducción asexual, además de sus semillas. Algunos herbicidas se han sugerido para el manejo de estas especies en varios sistemas de cultivo, pero la mayoría han resultado erráticos o insatisfactorios. Herbicidas tales como el 2,4-D y Dicamba® suprimen la parte aérea de la planta, pero fracasan al controlar el sistema pedicelar; ello es debido, fundamentalmente, a la falta de una suficiente translocación de los productos químicos; igual sucede con Tribenurón® y Clopyralid®. Los cardos son más resistentes cuando se encuentran en estado de agobio (estrés) por sequía o después de la elongación del tallo floral, y también por "escape", en razón a su germinación escalonada (Arrieta, 2001).

Para el caso de Colombia, especialmente en la Sabana de Bogotá, se han efectuado evaluaciones con herbicidas de amplio uso en pastos de clima frío, concluyéndose que *Senecio inaequidens* es una especie con amplia tolerancia en estado adulto a ciertos herbicidas de los grupos químicos fenóxicos (2,4-D, Tryclopyr®), los derivados del ácido benzoico (Dicamba®), el ácido

picolínico (Picloram®) y las isoxazolidinonas (Clomazone®). Estos herbicidas actúan favorablemente cuando las plantas se encuentran en estado de plántula o antes de la emisión de su primer tallo floral.

Conclusiones

La revisión realizada nos muestra una información valiosa para el tema del manejo de especies invasivas no deseables en praderas del trópico alto colombiano. En esta revisión se encontró que algunas variables morfológicas y ambientales son fundamentales en el conocimiento e implementación de un modelo de manejo predictivo de algunas especies malezas como *Senecio inaequidens* y otras de la familia *Compositae*. Por ejemplo, se pudo establecer que la secuencia en la disminución de semillas de esta especie en el suelo, por efecto del tratamiento mecánico utilizado, fue como sigue: renovador de pastos > rastra > rotovalor, con tasas de disminución de 23, 22 y 17% respectivamente. Cuando adicionalmente al uso de los implementos se realizaron dos pases periódicos de guadaña (cada 45 días), las tasas de disminución fueron de 20% más, por el sólo hecho de no dejar florecer las plantas que escaparon a los tratamientos.

La relación entre la edad de la semilla, la cantidad y el tipo de luz percibida, tuvieron una incidencia en la tasa de germinación de *S. inaequidens*, siendo mayor en semillas maduras, debido fundamentalmente al carácter fotolátente de esta especie. El mecanismo o estrategia clave para el control de *S. inaequidens* parece ser el de la prevención de la germinación y del establecimiento de plántulas.

En la periodicidad de la germinación, *Sonchus oleraceus* tiene un mayor período de latencia y presenta intervalos mayores en los períodos de germinación. Se cree que la acumulación de nitratos en el suelo durante el verano estimula la germinación y el crecimiento de las semillas a la llegada de las lluvias de invierno.

Según la curva de desarrollo de *S. inaequidens*, se pudo establecer que a los 50 días de su germinación presenta un estado de roseta, en el cual la especie es bastante tolerante a cualquier aplicación de herbicidas. Igualmente, se pudo concluir que a los 40 días la especie está en la época en que aún

no ha emitido los primeros botones florales, edad que resulta óptima para ejercer el control.

Entre los factores del suelo y ambientales con mayor incidencia en el crecimiento y desarrollo de cardos, se mencionan el pH y el agua en el suelo, lo cuales influyen directamente en la acumulación de materia seca en la planta. En este mismo sentido inciden la intensidad de la luz, los capítulos florales, el área foliar y la altura de planta, pero caso contrario opera respecto de la temperatura.

El principio esencial de un programa de control de cardos en praderas de trópico alto debe ser la provisión de un pasto denso, vigoroso y competitivo, particularmente durante las fases de germinación y establecimiento de plántulas de las especies maleza. Un pastoreo que no agote la capacidad productiva de un potrero, por debajo del 40%, favorecerá los programas de control de malezas. Desde el punto de vista del control químico, *Senecio inaequidens* es una especie que en estado adulto presenta una amplia tolerancia a algunos herbicidas de los grupos químicos fenóxicos, los derivados del ácido benzoico, el ácido picolínico y las isoxazolidinonas.

Respecto del control biológico, para el caso de Colombia, se han reportado dos especies de insectos que controlan eficientemente estas malezas: *Homeosoma oconequensis* y *Ensyna hyallipennis*, para el caso de *Senecio inaequidens* y *Sonchus oleraceus*, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Afan, I.; H. García-Serrano y F.X. Sans. 2001. Invasión mechanisms of two alien *Senecio* species (*S. inaequidens* and *S. pterophorus*). Sociedad Española de Malherbología, Universidad de León (España). Spanish Weed Science Society. Proceedings, Noviembre 20-22 de 2001.
- Akobundu, I.O. 1986. Weed Science in the Tropics: Principles and Practices. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. John Wiley and Sons. New York. 262 p.
- Alkamper, J. 1976. Influence of weed infestation on effect of fertilizer dressings. In: B.M. Sindel. 1992. Weed Research 32:399-406.
- Arrieta, J.M. 1996. Nuevas especies de insectos fitófagos en la Sabana de Bogotá. Notas y Noticias MIP. No. 2, vol I. Programa Nacional MIP, C.I. Tibaitatá. Bogotá, D.C.

Arrieta, J.M. 2001. Informe anual de actividades 2.000. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas-MIP. CORPOICA, C.I. Tibaitatá. 56 p.

Arrieta, J.M. y otros. 2001. Identificación y selección de agentes de biocontrol de especies malezas de clima frío. Informe PRONATTA. CORPOICA, Programa Nacional MIP. 110 p.

Najar, A; Espitia E y Arrieta J.M. 2001. Biología y hábitos de *Ensina hyallipennis* y *Homeosoma oconequensis*, insectos fitófagos de malezas en la Sabana de Bogotá. Revista Colombiana de Entomología Vol 27 (3,4): 159-167.

Bernal, J. 1996. Manejo Integrado de Malezas. En: Memorias del Curso sobre Pasturas Tropicales. CORPOICA, abril de 1996, Medellín (Colombia), pp. 129-139.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 1995. Continúa la invasión de thistles. Notas y Noticias MIP. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas. 1(2): 6 p. Mosquera, abril-junio, 1995.

De Boer, N.J. 1999. Pyrrolizidine alkaloid distribution in *Senecio jacobea* rosettes minimises losses to generalist feeding. Institute of Evolutionary and Ecological Sciences, Leiden University, The Netherlands. Entomologia Experimentalis et Applicata 91: 169-173.

Donald, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Advances in Agronomy. 15, 1-118.

Gealy, D.R. et al. 1994. Soil environment and temperature affect germination and seedling growth of Mayweed Chamomile (*Anthemis cotula*). Weed Technology, 8:668-672.

Gómez, C.; N. Villalobos y E. Garrido. 1999. Fisiología y análisis fitoquímico preliminar de la especie *Senecio madagascariensis* Poir (Asteraceae) maleza problemática de la Sabana de Bogotá. Trabajo de Grado Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ciencias y Educación. 85 p.

Herranz, J.M et al. 2002. Influencia de la temperatura de incubación sobre la germinación de 23 endemismos vegetales ibéricos o iberoafricanos. Departamento de producción vegetal y tecnología agraria, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete (España). Investigación Agraria: Producción y protección vegetales 17(2): 229-245.

Leigh, J.H. et al. 1989. Seed production by thistles cut grazed by goats or attacked by insects. In: Weed, Invertebrates and Disease Pests of Australia. Australian Wool Corporation, Melbourne.

Lynch, D.W. and J. Strang. 1973. Fireweed on the Central Coast. The Agriculture Gazette of New South Wales 84: 374.

Martínez-Ghersa, et al. 1997. Effect of soil water content and temperature on dormancy breaking and germination of three weeds. Weed Science 45:791-797.

Pearson, C.J. and Ison, R.L. 1987. Agronomy of Grassland systems. Cambridge University Press. Cambridge (UK), 169 pp.

Plummer, J.A. et al. 1998. Effects of photon flux density on photosynthesis growth, flowering and oil content in *Boronia*. Australian Journal of Agricultural Research 49: 791-797.

Pook, E. W. 1983. The effect of shade on the growth of variegated thistle (*Silybum marianum* L.) and cotton thistle (*Onopordum* sp.). Weed Research 23: 11-17.

Salyi, G. 2001. Toxicoses of Horses. Magyar Allatorvosok Lapja (Hungary) 123 (10): 585-595.

Sindel, B.M. 1989. The ecology and control of Fireweed (*Senecio madagascariensis* Poir) Ph. D. Thesis, University of Sydney.

Sindel, B.M. and Michael, P.W. 1992. Growth and competitiveness of *Senecio madagascariensis* Poir, in relation to fertilizer use and increases in soil fertility. Weed Research 32: 399-406.

Vrieling, K. and N.J. de Boer. 1999. Host-plant choice and larval growth in the Cinnabar moth: do pyrrolizidine alkaloids play a role? Institute of Evolutionary and Ecological Sciences, Leiden University, The Netherlands. Entomologia Experimentalis et Applicata 91: 251-257.

Woodward, M.D. and Glenn, S. 1983. Allelopathic effects of three thistle species. Proceedings of the 37th Annual Meeting of the Northeastern Weed Science Society, p. 114.

Zollinger, R.K. and J.J. Kalls. 1991. Effect of soil pH, soil water, light intensity and temperature on perennial sowthistle (*Sonchus arvensis* L). Weed Science 39: 376-384.