

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

ESTUDIO DEMOGRÁFICO DE *Emilia sonchifolia* (ASTERACEAE) EN UNA FINCA CAFETERA DE ARMENIA, QUINDÍO, COLOMBIA

Demographic study of *Emilia sonchifolia* (Asteraceae) in a coffee farm in Armenia, Quindío, Colombia.

Irene DUARTE Gandica¹, Maryam CHAIB DE MARES², David Andrés LUNA¹, Oscar Alexander AGUIRRE-OBANDO³, Rosa María MENDEZ PARRA⁴.

¹ Escuela de Biomatemáticas. Universidad del Quindío, Escuela de Investigación en Biomatemática, Carrera 15 Calle 12 Norte, Armenia, Colombia.

² Departamento de Ecología Microbiana, Universidad de Groningen, Groningen, Países Bajos.

³ Laboratório de Entomologia Médica e Veterinária, Programa de Pós-graduação em Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

⁴ Licenciatura en Matemáticas, Universidad del Quindío. Carrera 15 Calle 12 Norte, Armenia, Colombia.

For correspondence. iduarte@uniquindio.edu.co

Received: 28 January 2014; **Returned for revision:** 24 July 2014; **Accepted:** 12 October 2014.

Associate Editor: Susana Raquel Feldman.

Citation / Citar este artículo como: Duarte Gandica I, Chaib De Mares M, Luna DA, Aguirre-Obando OA, Mendez Parra RM. Estudio demográfico de *Emilia sonchifolia* (Asteraceae) en una finca cafetera de Armenia, Quindío, Colombia. Acta biol. Colomb. 2015;20(2):101-110. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n2.41790>

RESUMEN

Se realizó un estudio con el fin de determinar la estructura demográfica de *Emilia sonchifolia* (L.) DC en una finca cafetera del Municipio de Armenia, Quindío, Colombia, donde se recolectaron datos durante cuatro semanas, en tres sitios: exterior, borde e interior del cultivo. Usando parámetros calculados a partir de los datos de campo, se construyó un modelo logístico para describir el comportamiento poblacional de *E. sonchifolia* en el tiempo. Se encontraron diferencias significativas en las variables: número de individuos por estado etario en el tiempo, porcentaje de mortalidad, tiempo de cambio del estado plántula a juvenil y de juvenil a adulto, número de hojas y de ramas; no se encontraron diferencias significativas en la densidad poblacional, número de inflorescencias e infrutescencias en los sitios de estudio. En general, se puede atribuir este comportamiento a la estrategia de reproducción *r* que sigue *E. sonchifolia*. Finalmente, las simulaciones hechas a partir del modelo logístico sugieren que la especie tiende a desaparecer si alguno de los estados etarios no está presente inicialmente; así, una alternativa plausible para el control sería su eliminación en el estado juvenil. Los resultados ofrecen alternativas con respecto al manejo de poblaciones de arvenses.

Palabras clave: café, demografía, maleza, modelo.

ABSTRACT

A research study was conducted to determine the demographic structure of *Emilia sonchifolia* L. in a coffee plantation in Armenia, Quindío, Colombia. Data were collected over a period of four weeks on three sites: inside, at the border and outside a coffee farm. A logistic population model was built to describe the population behavior of *E. sonchifolia* over time. Statistically significant differences were found between: number of individuals per life stage in time, mortality rate, transition time from seedling to juvenile and from juvenile to adult; and number of leaves and branches. There was no evidence for statistically significant differences in population density or in number of inflorescences and fruits between study sites. In general, the observed behavior may be attributed to the *r* strategy used by this species. Finally, our results suggest the survival of the species is conditioned by the presence of all life stages at the beginning of each simulation based on the logistic model; so, a potential strategy for its controlling would require the removal during the juvenile stage. The considerations offer alternatives regarding weed population management.

Keywords: coffee, demography, model, plant weeds.

INTRODUCCIÓN

Las arvenses afectan directa e indirectamente el desarrollo de los cultivos, a través de la competencia por factores físicos y químicos (Vera, 1999) y pueden, en determinados casos, inhibir químicamente (alelopatía) el desarrollo de éstos (Córdoba y Casas, 2003). La distribución de las arvenses está relacionada con las características de un hábitat en particular, por efectos del ambiente biótico y abiótico (Booth *et al.*, 2003). En los cultivos, sin embargo, las arvenses dependen particularmente de los tratamientos agrícolas: métodos de recolección, tipo de arado y periodicidad, momento de laboreo, uso de plaguicidas y tipo de regadío (Masalles, 2004; Chamorro y Sans, 2010). Dentro de las arvenses, la familia Asteraceae constituye una de las más grandes de plantas vasculares, comparable en complejidad y número de especies con las orquídeas (Murillo *et al.*, 2006). De esta familia, *Emilia sonchifolia*, especie originaria de Asia, África, Polinesia y las Américas, se caracteriza por ser una arvense de agresividad moderada (Lorenzi y Matos, 2002) que se reproduce únicamente por semillas (Lorenzi, 2000). Sin embargo, *E. sonchifolia* es utilizada como antiinflamatorio, contra picaduras de insectos, conjuntivitis, reumatismo, disentería, cortes y heridas (Perry, 1982; Srinivasan y Subramanian, 1980) en América del Sur, principalmente en Brasil (Couto *et al.* 2011), África (Muko y Ohiri, 2000) y Asia (Shylesh y Padikkala, 2000). En Colombia, *E. sonchifolia* es una arvense que se encuentra en rastros, potreros, praderas, orillas de carreteras, caminos (Gómez y Rivera, 1987) y en áreas cultivadas de café, plátano y banano (Salazar e Hincapié, 2005). En cultivos de café, *E. sonchifolia* es una de las arvenses que causa mayor interferencia (con pérdidas de rendimiento hasta del 65 %) en el desarrollo de éstos (Salazar y Rivera, 2002; Salazar e Hincapié, 2005). En cultivos de banano y plátano, *E. sonchifolia* es hospedera de la bacteria causante del Moko, *Ralstonia solanacearum* (Fegan y Prior, 2006), enfermedad que causa marchitez impidiendo a la planta cumplir con su ciclo vegetativo (Smith *et al.*, 1995). Además, *E. sonchifolia* es también hospedera del nemátodo *Meloidogyne incognita*, especie que afecta otros cultivos (Minton y Minton, 1966; Bergeson, 1975). Este nemátodo se caracteriza por inducir la formación de nodulaciones en las raíces (agallas), interfiriendo con la absorción de agua y de nutrientes, y, en consecuencia, manifestación de clorosis en hojas, defoliación, escaso desarrollo y disminución en la producción (Caillaud *et al.*, 2008).

La selección de un método adecuado para el manejo de arvenses debe estar fundamentada en el conocimiento de su biología, hábitos de desarrollo, modo de reproducción, número de semillas por planta y viabilidad (Guzmán-Casado y Alonso-Mielgo, 2008). La disponibilidad de esta información permite predecir el intervalo de tiempo durante el cual una arvense podría ser tratada con el fin de minimizar el impacto de ésta sobre el rendimiento de un cultivo (Masalles, 2004). Estudios demográficos

permiten comprender la estructura interna de una población (expresada como el número de individuos por edades en un momento dado), así como la probabilidad de supervivencia, estados etarios y mortalidad por edades. Este enfoque ha sido aplicado previamente para el manejo de arvenses (Ríos y Quirós, 2002), pero a la fecha no se ha aplicado en el manejo de *E. sonchifolia* en cultivos de café u otros cultivos.

El objetivo de este trabajo fue realizar una comparación de algunos parámetros demográficos de *E. sonchifolia* (L.) DC., en tres ambientes diferentes asociados a un cafetal en el Municipio de Armenia, Quindío, Colombia. Los resultados pretenden aportar al manejo de arvenses en cultivos de café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la finca cafetera Montecarlo (4° 33' 48.5"N, 75° 38' 40" W, 1483 m) ubicada en el perímetro urbano del Municipio de Armenia, Quindío, Colombia, donde se cultiva café variedad Caturra. El área de estudio presentó en promedio una temperatura de 22 °C y una humedad relativa de 81 %.

Diseño Experimental

Se ubicaron al azar durante cuatro semanas nueve parcelas permanentes de 1m², separadas entre sí por 10 m (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Ramírez, 2006). Las parcelas fueron ubicadas de la siguiente manera: tres al interior del cafetal, tres en el borde del cafetal y tres en el exterior del mismo, donde se encontró presencia de *E. sonchifolia*. Se entienden borde como el perímetro conformado por las plantas de café que marcan el límite del cultivo, interior como el área del cultivo de café, y exterior como el área fuera del cultivo de café. El área de estudio se caracterizaba por estar desprovista de especies arbóreas que suministraran sombra. Las áreas borde y exterior presentaban ausencia de cobertura vegetal y se encontraban en lindero con un potrero. En cada una de ellas se identificaron y marcaron todos los individuos de *E. sonchifolia*, se registraron por cada individuo el estado etario (plántula, juvenil y adulto), número de hojas, número de ramas, número de inflorescencias y número de infrutescencias. Asimismo, en cada parcela se registró la natalidad, mortalidad y densidad poblacional. Estos datos fueron registrados una vez por semana durante cuatro semanas. Adicionalmente, se evaluó el porcentaje de germinación en condiciones de laboratorio. Fueron evaluadas réplicas, cada una de ellas con 30 semillas y un papel filtro humedecido con agua destilada. El porcentaje de germinación por réplica fue registrado diariamente durante ocho días.

Análisis estadístico

Las variables analizadas fueron: número de hojas, número de ramas, número de inflorescencias, número de

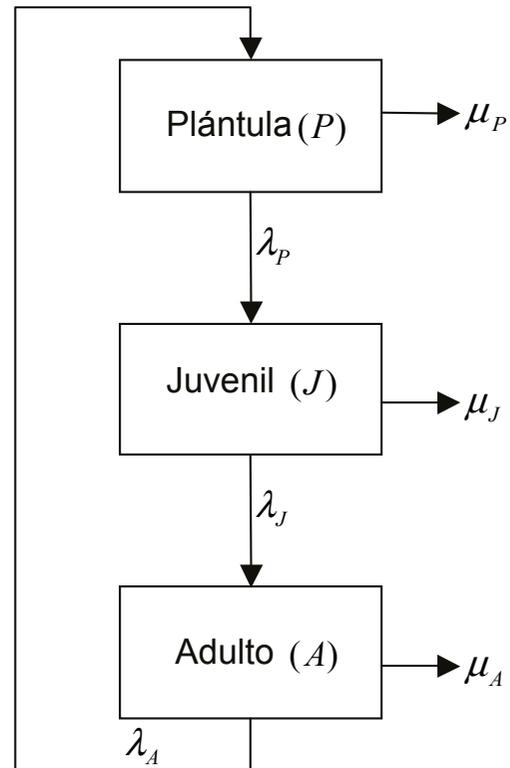
infrutescencias, número de individuos por estado etario a la cuarta semana, número de individuos por estado etario en el tiempo, tiempo de cambio del estado plántula a juvenil y de éste a adulto, porcentaje de mortalidad y densidad poblacional por parcela. Previo a los análisis de varianza, se comprobó la distribución normal y la homogeneidad de varianzas de los datos. Las variables densidad poblacional, número de inflorescencias e infrutescencias fueron analizadas a través de un análisis de varianza de un factor completamente aleatorizado. Las variables números de hojas, de ramas e individuos por estado etario a la cuarta semana, fueron analizadas a través de un análisis de varianza factorial 3x3x3 completamente aleatorizado con el fin de evaluar las diferencias para los factores: sitio (borde, interior y exterior), estado etario (plántula, juvenil y adulto) con tres repeticiones. La variable tiempo de cambio del estado plántula a juvenil y de éste a adulto se analizó a través de un análisis de varianza factorial 3x2x3 completamente aleatorizado con el fin de evaluar las diferencias para los factores: sitio (borde, interior y exterior) y tiempo de cambio (plántula a juvenil y juvenil a adulta) con tres repeticiones. La variable número de individuos por estado etario en el tiempo fue analizada a través de un análisis de varianza factorial 3x3x4x3 completamente aleatorizado, con el fin de evaluar las diferencias para los factores: sitio (borde, interior y exterior), estado etario (plántula, juvenil y adulto) y tiempo (primera, segunda, tercera y cuarta semanas) con tres repeticiones. La variable porcentaje de mortalidad fue analizada a través de un análisis de varianza factorial 3x3x3x3 completamente aleatorizado, con el fin de evaluar las diferencias para los factores: sitio (borde, interior y exterior), estado etario (plántula, juvenil y adulto) y tiempo (primera, segunda y tercera semanas) con tres repeticiones. Cuando las diferencias fueron significativas se utilizó la prueba de LSD (Menor diferencia significativa) de Fisher para explicar las diferencias entre niveles de cada factor. Todos los análisis fueron realizados con el software STATISTICA 7 (Statsoft Inc. 1984-2004).

Modelo matemático

Se consideraron tres estados para elaborar el modelo matemático que describe la dinámica poblacional (Thieme, 2003): 1. Plántula (P): Un individuo está en estado Plántula si posee máximo dos hojas, sin importar su tamaño. 2. Juvenil (J): Un individuo está en estado Juvenil si posee más de dos hojas, pero sin que haya presencia de inflorescencias y/o infrutescencias. 3. Adulto (A): Un individuo está en estado Adulto si tiene inflorescencias y/o infrutescencias.

Correspondientes a estos tres estados, el modelo considera las variables $P(t)$, $J(t)$ y $A(t)$, que representan número de individuos en los estados plántula, juvenil y adulto, respectivamente, en el tiempo t , medido en semanas.

Se considera el diagrama compartimental:



donde μ_p , μ_j , y μ_A son las tasas de mortalidad de plántulas (P), juveniles (J) y adultos (A), respectivamente; λ_p es la proporción de plántulas que pasan al estado juvenil, por semana; λ_j es la proporción de juveniles que pasan al estado adulto, por semana; λ_A es la proporción de semillas que germinan por planta adulta, por semana.

Para las poblaciones en estudio, la disponibilidad de espacio constituye una limitación determinante para su crecimiento; por tal razón, el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales que modela la dinámica poblacional fue, construido a partir del modelo logístico: (Edelstein-Keshet, 2005):

$$\frac{dP}{dt} = \lambda_A A \left(1 - \frac{P+J+A}{K} \right) P - (\mu_P + \lambda_p) P$$

$$\frac{dJ}{dt} = \lambda_p P \left(1 - \frac{P+J+A}{K} \right) J - (\mu_J + \lambda_j) J$$

$$\frac{dA}{dt} = \lambda_j J \left(1 - \frac{P+J+A}{K} \right) A - \mu_A A$$

K es la capacidad de carga del medio (Número de plantas/m²), incluidos los tres estados.

Simulaciones

Se realizaron simulaciones de la dinámica poblacional de la arvense utilizando el paquete matemático MATLAB (2007, The MathWorks, Natick, MA). Los valores poblaciones iniciales en todas las simulaciones fueron 12, 178 y 121 individuos en los estados plántula, juvenil y adulto, respectivamente, siguiendo los datos de campo. Los parámetros usados fueron estimados a partir de los datos colectados en laboratorio y en campo, incluyendo los tres sitios de estudio, y obteniéndose:

$$\lambda_p = 0,4321; \lambda_j = 0,1175; \lambda_a = 0,8333; \\ \mu_p = 0,1134; \mu_j = 0,1247; \mu_a = 0,1186.$$

Para calcular la capacidad de carga *K*, se hizo una regresión lineal $y=mx + b$, donde *y* es la tasa de crecimiento, esto es,

$$y = \frac{\text{Población final} - \text{Población inicial}}{\text{Población inicial}},$$

x es el tamaño poblacional, en cada paso del tiempo (Momo y Capurro, 2006), de modo que $K = \frac{-b}{m}$. Se obtuvo

K = 427.8181.

RESULTADOS

En total se realizó un seguimiento por cuatro semanas a 333 plantas de *E. sonchifolia* distribuidas de la siguiente manera: 179 en el exterior, 104 en el borde y 50 en el interior.

El número promedio de semillas por inflorescencia fue de 60,4 aquenios y el porcentaje promedio de germinación obtenido en laboratorio de 83,3 % (n= 120).

La Tabla 1 resume los resultados de los análisis de varianza. El número de individuos por estado etario a través del tiempo se mostró significativo a nivel de sitio (GL= 2,0; F= 46,1; *p*<0,05), estado etario (GL= 2,0; F=62,4; *p*<0,05), y su interacción (GL= 4,0; F= 8,2; *p*<0,05). Lo anterior indica que, en promedio, el mayor número de individuos se encuentra en los estados juvenil y adulto al borde e interior del cafetal (Fig. 1A). El porcentaje de mortalidad se mostró estadísticamente significativo en todos los factores e interacciones analizados. La interacción entre los factores sitio, estado etario y tiempo (GL= 8,0; F= 624,9; *p*<0,05), mostró un porcentaje de mortalidad mayor las dos últimas semanas en los estados juvenil y adulto en el borde y exterior del cafetal (Fig. 1B).

La distribución de *E. sonchifolia* en los sitios evaluados (GL= 2,0; F= 3,0; *p*>0,05) (Fig. 2A), el número de inflorescencias

Tabla 1. Resultados análisis de varianza. S = Sitio; E = Estado; T = Tiempo. Los valores de p con asterisco presentan diferencias significativas (*p* < 0,05).

Factor analizado	Densidad Poblacional		Número de Inflorescencias	
	F	p	F	p
S	2,93	0,1293	0,89	0,4581
Factor analizado	Número de Infrutescencias			
	F	p		
S	1,26	0,3492		
Factor analizado	Número de Individuos por estado etario		Tiempo de cambio del estado Plántula a Juvenil y de este a Adulto	
	F	p	F	p
S	5,63	0,0126*	1,36	0,2939
E	9,76	0,0013*	36,64	0,0001*
S x E	1,61	0,2139	1,82	0,2041
Factor analizado	Número de Hojas		Número de Ramas	
	F	p	F	p
S	1,52	0,2452	0,99	0,3918
E	5,77	0,0116*	4,11	0,0338*
S x E	1,84	0,1660	1,33	0,2959
Factor analizado	Número de individuos por estado etario en el tiempo		% Mortalidad	
	F	p	F	p
S	46,14	0,0001*	25,34	0,0001*
E	62,43	0,0001*	20,95	0,0001*
T	1,22	0,3093	41,59	0,0001*
S x E	8,18	0,0001*	6,94	0,0001*
S x T	0,40	0,8774	17,58	0,0001*
E x T	0,60	0,7299	8,05	0,0001*
S x E x T	0,60	0,8391	5,79	0,0001*

($GL= 2,0$; $F= 0,9$; $p>0,05$) (Fig. 2B) e infrutescencias ($GL= 2,0$; $F= 1,3$; $p>0,05$) (Fig. 2C) no fueron estadísticamente significativos. Estos resultados indican la capacidad de *E. sonchifolia* para colonizar y reproducirse independientemente en el cafetal con respecto al lugar donde se encuentre.

El número de individuos con respecto a los sitios ($GL= 2,0$; $F= 5,6$; $p<0,05$), así como los diferentes estados etarios ($GL= 2,0$; $F= 9,8$; $p<0,05$) son estadísticamente significativos. En promedio, al interior del cafetal se encuentran menos

individuos con respecto al borde y al exterior del cafetal (Fig. 2D). Además, en promedio se encontraron más individuos en los estados juvenil y adulto con respecto al estado plántula (Fig. 2D).

La variable tiempo de cambio del estado Plántula a Juvenil y de éste a Adulto tuvo diferencias significativas en el factor estado etario ($GL= 1,0$; $F= 36,6$; $p<0,05$). Así, el tiempo necesario para pasar del estado de plántula a juvenil, difiere del tiempo para pasar de juvenil a adulto (Fig. 2E).

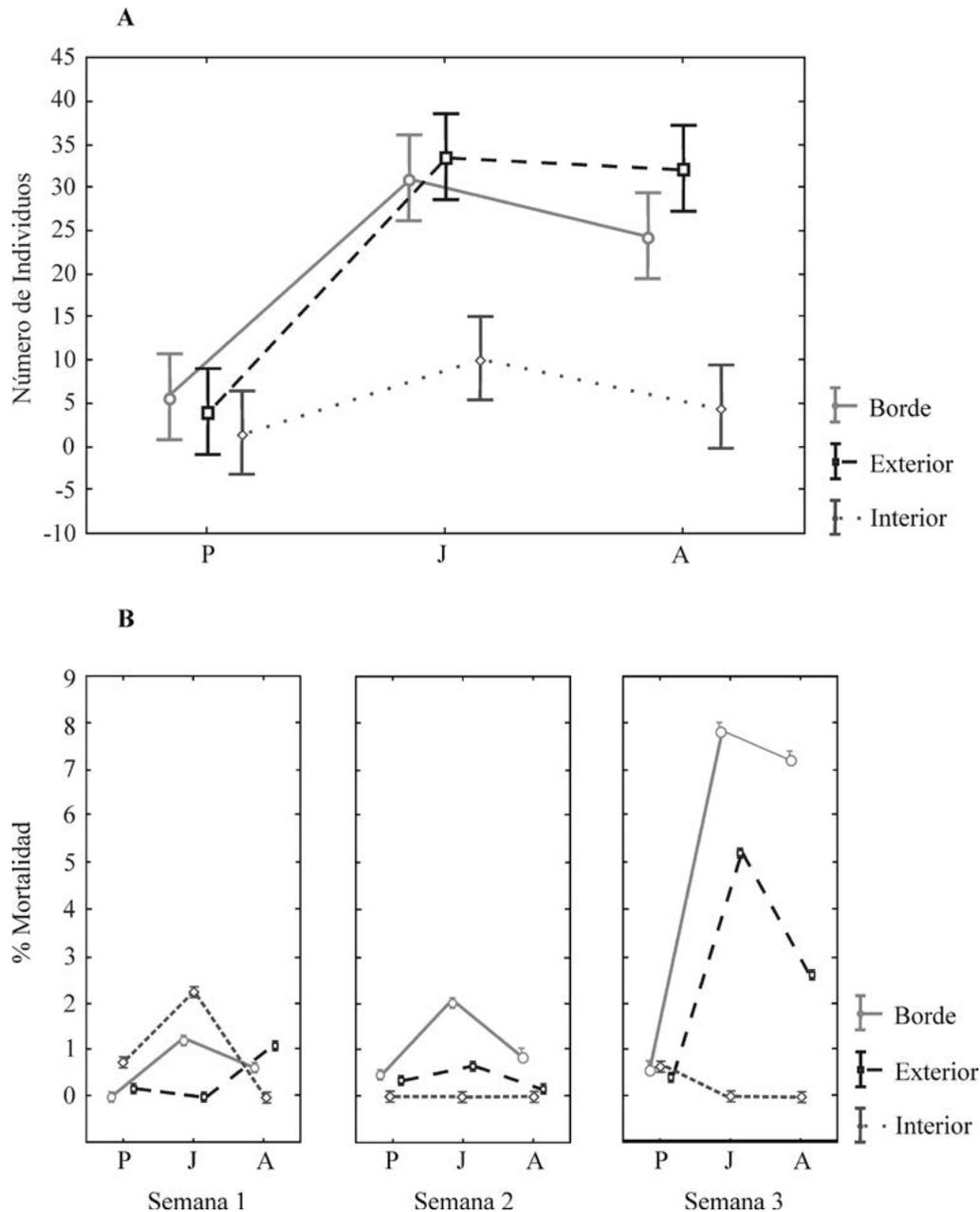


Figura 1. Interacción para las variables: **A.** Número de individuos para los factores Sitio (Borde, Interior y Exterior) y Estado etario (Plántula (P), Juvenil (J) y Adulto (A)). **B.** Porcentaje de mortalidad para los factores Sitio, Estado etario y Tiempo (Semana 1-3). Los valores de las figuras representan el promedio \pm desviación estándar; $n= 3$.

El número de hojas ($GL=1,0; F=5,8; p<0,05$) y ramas ($GL=2,0; F=4,1; p<0,05$) en el factor estado fue estadísticamente significativo. Mostrando que los adultos presentan mayor número de hojas y ramas con respecto a los demás estados etarios (Fig. 2F y 2G).

Las figuras 3 y 4 muestran los comportamientos de las poblaciones de plántula, juvenil y adulto, según el modelo matemático construido, cuando se hacen algunas variaciones en las mortalidades y en las poblaciones iniciales.

En la figura 3 se aprecian las diferencias en los comportamientos de las poblaciones cuando, dejando

constantes los otros parámetros, se varían las tasas de mortalidad. Se observa que el aumento de la mortalidad de juveniles causa un aumento en la población de adultos; el aumento de la mortalidad de juveniles ocasiona un aumento en la población de plántulas y una disminución en la de adultos y, finalmente, el aumento de la mortalidad de adultos produce un aumento en la población de juveniles y una disminución importante en la de adultos y en la de plántulas.

La figura 4 corresponde a variaciones en las poblaciones iniciales, dejando constantes los parámetros originales.

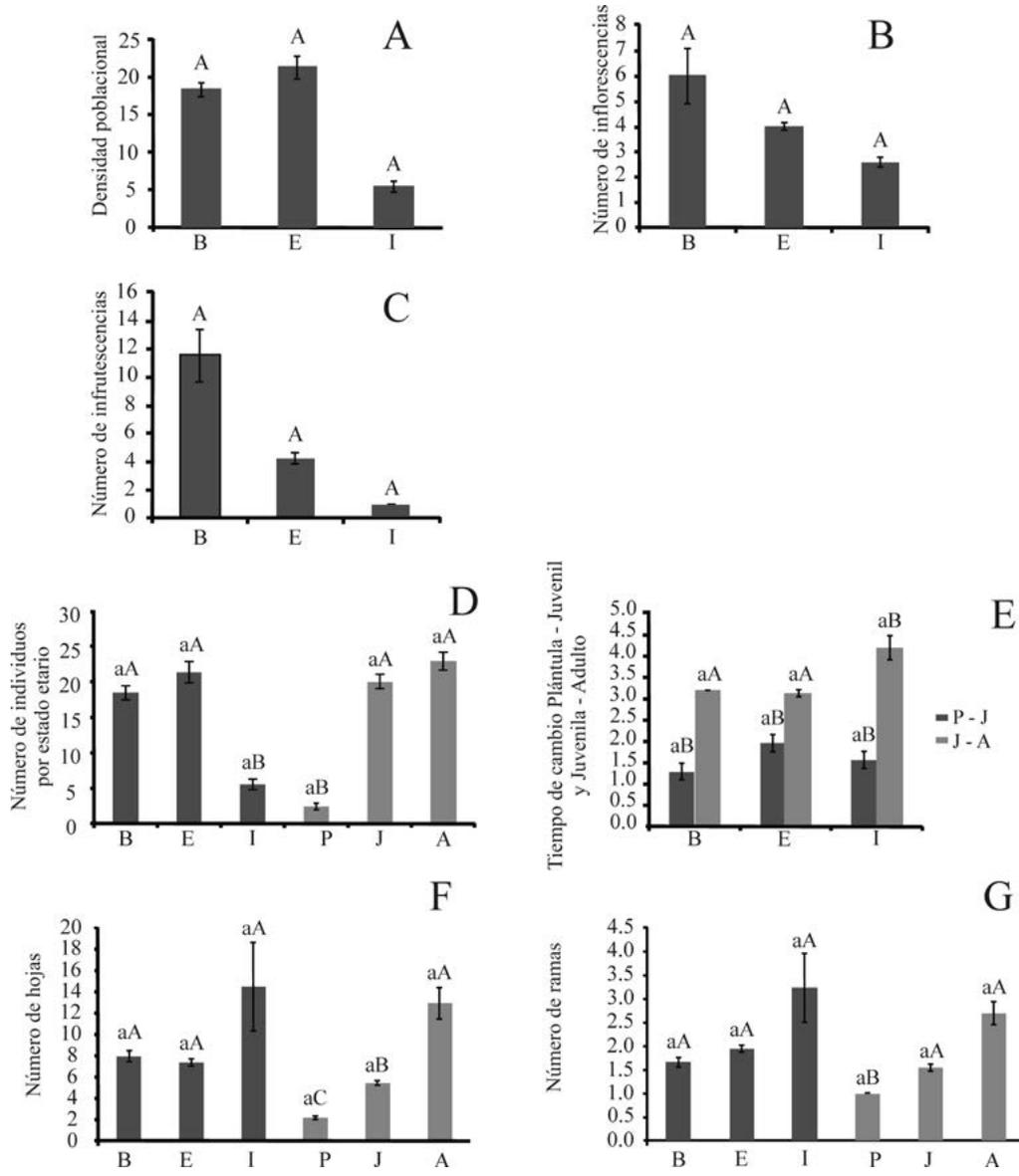


Figura 2. Valores medios para las variables: Densidad poblacional (A), número de inflorescencias (B), número de infrutescencias (C), número de individuos por estado etario (D) tiempo de cambio del estado Plántula a Juvenil (P-J) y de éste a Adulto (J-A) (E), número de hojas (F) y número de ramas (G) (promedio \pm error estándar; $n = 3$), para los factores: Sitio (Borde (B), Interior (I) y Exterior(E)) y Estado etario (Plántula (P), Juvenil (J) y Adulto (A)). Los promedios seguidos con distintas letras dentro de cada factor, son significativamente distintos al 5%. Las letras en minúsculas comparan el efecto entre los factores (Sitio y Estado).

Sucesivamente, se hicieron las poblaciones iniciales de cada estado cero, dejando en cada caso las otras con los valores originales. Se observa que, cuando alguna de las poblaciones iniciales es cero, aunque con diferencias de tiempo, las otras poblaciones tienden a desaparecer.

DISCUSIÓN

En este estudio se corrobora que las características demográficas de *E. sonchifolia* corresponden a las descritas por Baker (1974), todavía vigentes. Por ejemplo, los requerimientos germinativos se cumplen en diversos ambientes. Esto se evidenció en la densidad poblacional y capacidad reproductiva homogénea de *E. sonchifolia* en los sitios estudiados. Esta homogeneidad sugiere la capacidad colonizadora de esta especie.

E. sonchifolia mostró un rápido desarrollo hasta alcanzar el estado de floración (adultez) con una tasa de germinación alta, y un número de inflorescencias e infrutescencias homogéneo en los sitios evaluados. En un estudio similar, (Masalles *et al.*, 1998) encontró que *Diplotaxis erucoides* (Brassicaceae), una arvense frecuente en

cultivos mediterráneos, presenta un período reproductivo corto (ocho semanas), una producción continua de flores, germinación rápida y un esfuerzo reproductivo alto. Estos resultados confirman la capacidad de colonización de *E. sonchifolia* cuando se considera su germinación y capacidad reproductiva en distintos ambientes, independiente de la tasa de mortalidad.

Los resultados sugieren que *E. sonchifolia* presenta una estrategia reproductiva *r* (crecimiento poblacional continuo bajo condiciones óptimas (Sala *et al.*, 1989)). Especies con este tipo de reproducción están adaptadas para colonizar ambientes inestables (por ejemplo, perturbaciones en la producción de un agroecosistema (cafetal)), con una vida media corta y edad reproductora temprana. En este estudio se observó un crecimiento poblacional acelerado, mortalidad de juveniles independiente de la densidad, y una tendencia a favorecer la producción de muchos juveniles que posteriormente serán adultos, lo que resulta en reproducción temprana y explosiva (alto esfuerzo reproductivo) que conduce a una duración de vida y un tiempo generacional corto (Sala *et al.*, 1989).

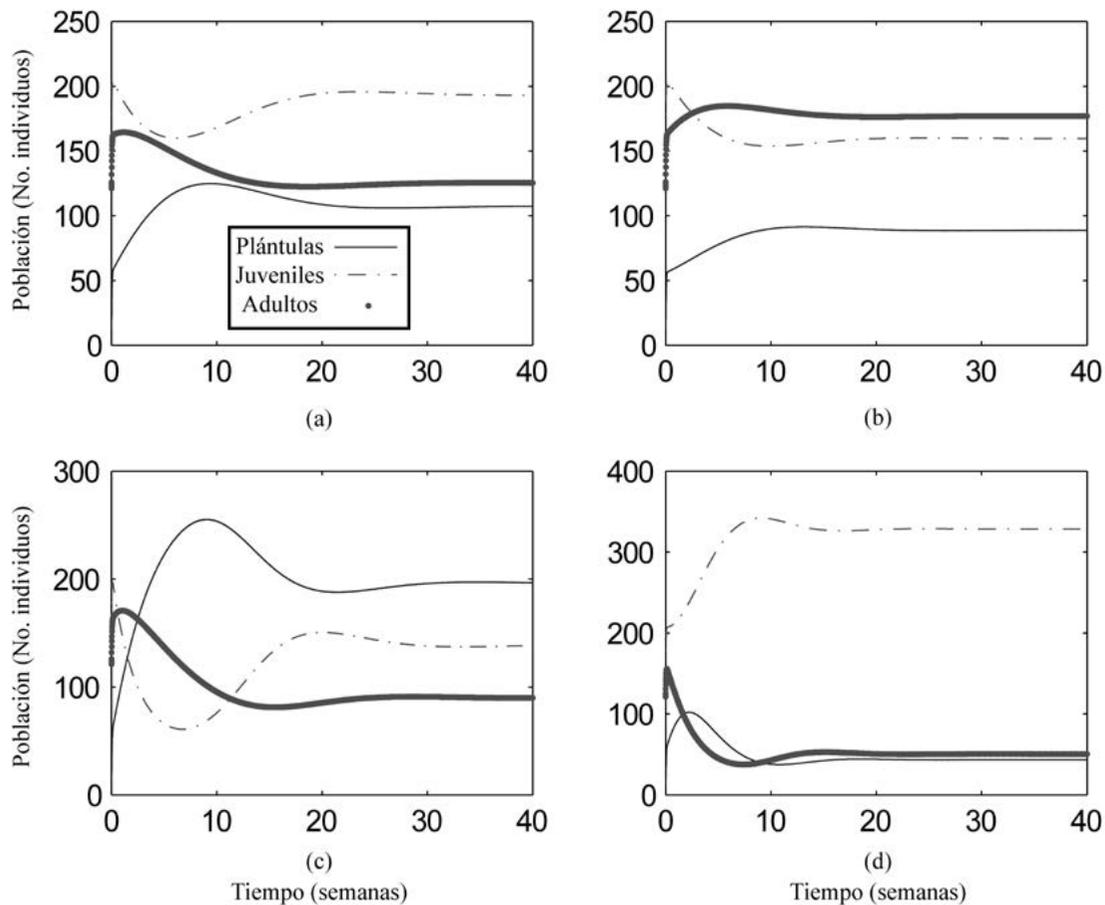


Figura 3. Comportamiento de las poblaciones de plántulas, juveniles y adultos de *E. Sonchifolia* L, durante un período de 40 semanas, con distintas tasas de mortalidad: (a) Mortalidades estimadas a partir de los datos de campo, (b) Aumento de la mortalidad de plántulas a 0,5, (c) Aumento de la mortalidad de juveniles a 0,5, (d) Aumento de la mortalidad de adultos a 0,5.

Sin embargo, *E. sonchifolia* presenta variaciones en el porcentaje de mortalidad con respecto al sitio de estudio y tiempo de cambio entre los estados etarios juvenil y adulto. Al Interior del cafetal, se presentó un tiempo mayor comparado con las otras áreas de estudio para alcanzar la etapa reproductiva. Estos datos sugieren la presencia de competencia inter-específica entre las poblaciones de café y *E. sonchifolia*, ya que las predicciones teóricas indican que bajo condiciones de competencia los individuos de una población favorecerían la inversión de energía en crecimiento vegetativo en oposición a alcanzar rápidamente la etapa reproductiva (Cole, 1954). Individuos de una población que se encuentran en un ambiente por debajo de la capacidad de carga y con baja competencia inter- y/o intra-específica presentan tendencia en producir mayor cantidad de individuos reproductivamente activos; en contraste, poblaciones cerca a la capacidad de carga experimentan ambientes con alta competencia, retrasando la época reproductiva y aumentando la asignación de energía al crecimiento vegetativo asociado con adquisición de recursos (Pianka, 1970; Donohue *et al.*, 2000). Estudios realizados en poblaciones de arvenses como *Amaranthus*

retroflexus (Amaranthaceae) en cultivos de algodón (Khalili *et al.*, 2012) y *Raphanus raphanistrum* (Brassicaceae) en cultivos de trigo (Cousens *et al.*, 2001), confirman esta tendencia.

La asignación de recursos energéticos a crecimiento vegetativo versus reproducción está relacionada con el porcentaje de mortalidad encontrado en los diferentes estados etarios. La variación en éstas características está dada por fluctuaciones en la disponibilidad de recursos (nutrientes, luz, entre otros) y presencia de competencia inter- y/o intra-específica (Hamilton, 1966). Así, si el riesgo de mortalidad es mayor en los estadios tempranos (plántulas), se espera que los individuos maximicen la inversión en reproducción, mientras que si la mortalidad es mayor en edades más avanzadas (juveniles y adultos), los individuos retrasarían la entrada a la etapa reproductiva. Nuestro estudio muestra que las condiciones ambientales presentes en el borde y exterior del cafetal están incrementando el porcentaje de mortalidad de las poblaciones de *E. sonchifolia* en estadios juveniles y adultos, y, en consecuencia, ejercen una presión selectiva sobre las poblaciones de *E. sonchifolia* que resulta en una tasa de crecimiento rápida. Esta tasa de crecimiento se ve reflejada en un menor tiempo de cambio de estado etario (estado juvenil

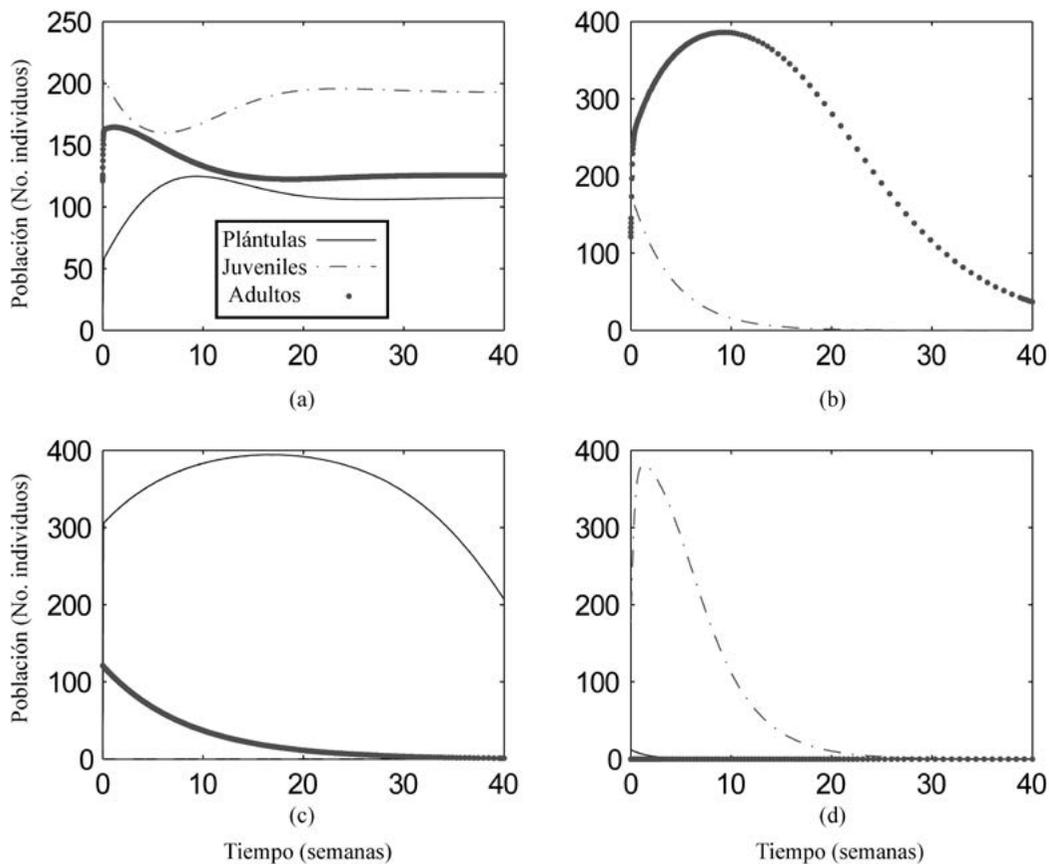


Figura 4. Comportamiento de las poblaciones de plántulas, juveniles y adultos de *E. Sonchifolia* L, durante un período de 40 semanas, con distintas poblaciones iniciales: (a) Poblaciones iniciales de campo, (b) Población inicial de plántulas cero, (c) Población inicial de juveniles cero, (d) Población inicial de adultos cero.

para adulto) en el borde y en el exterior, lo que aumenta la probabilidad de alcanzar la etapa reproductiva y por tanto la permanencia de todos los estados etarios de *E. sonchifolia*. Estas tendencias se han observado en otras arvenses, por ejemplo, en *Taraxacum officinale* (Asteraceae) (Lipowsky *et al.*, 2012). En cualquiera de las hipótesis, la estrategia de reproductiva de *E. sonchifolia* en las áreas de estudio (Interior, Borde o Exterior del cafetal) no fue estadísticamente significativa cuando se analizó la densidad poblacional para esta especie. Esta observación podría ser producto de un banco de semillas persistente en el suelo, característica peculiar presente en arvenses (Burnside *et al.*, 1996).

Asimismo, las poblaciones marginales de arvenses pueden contribuir a la invasión y persistencia de poblaciones de arvenses en cultivos adyacentes (Kleijn, 1997). En este estudio se presentó mayor cantidad de individuos en el exterior y borde del cafetal con una capacidad reproductiva indiferente del lugar donde se encuentre. Sin embargo, con los datos colectados no es posible determinar al interior del cafetal la contribución de semillas provenientes del borde y exterior. Modelos metapoblacionales en plantas muestran que la dispersión de semillas incrementa el tamaño poblacional, al permitir la recolonización de hábitats “desocupados” o con baja densidad poblacional después de una extinción local (Perry y González-Andujar, 1993; Tilman *et al.*, 1997). Sin embargo, en una simulación de la dinámica poblacional de cardos (nombre general de arvenses de la familia Asteraceae) canadienses se demostró que bajo la mayor parte de parámetros evaluados, las poblaciones de arvenses marginales contribuían poco a la dinámica poblacional al interior de hábitats con baja densidad poblacional (Blumenthal y Jordan, 2001). Debido a los costos que representaría el manejo de poblaciones marginales de arvenses y el potencial beneficio al interior del cultivo, se sugiere realizar un estudio para determinar bajo qué circunstancias las arvenses marginales influyen las poblaciones al interior del cultivo.

Un aporte para el control de *E. sonchifolia* es sugerido a través de un modelo logístico. Este muestra que *E. sonchifolia* tiende a desaparecer si alguno de los estados etarios no está presente inicialmente (población inicial cero). Es poco probable encontrar en un cultivo ausencia de algún estado etario de *E. sonchifolia*, ya que se conoce que las arvenses presentan una germinación discontinua y una gran longevidad de las semillas en los llamados “bancos de semillas” en el suelo (Baker, 1974; Domínguez-Valenzuela *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

Pensando en el manejo de ésta arvense para evitar su dispersión, permanencia y potenciales pérdidas económicas en un cultivo de café, el control del estado juvenil de *E. sonchifolia* sería una opción plausible, ya que, por ejemplo, al eliminarlo manualmente, no se corre el riesgo de promover su dispersión a través de semillas, debido a que éste estado

no es reproductivamente activo (riesgo palpable a nivel de adultos). En comparación con el número de individuos en estado plántula, el estado juvenil se presenta en cantidad superior y es además un estado de porte mayor (es decir, más número de hojas y ramas), lo que facilita su detección para eliminación. Por consiguiente, se concluye que una alternativa viable para el control poblacional de *E. sonchifolia*, sería su eliminación en el estado juvenil. Adicionalmente, estos resultados ofrecen alternativas con respecto al manejo de poblaciones de arvenses.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Vicerrectoría de la Universidad del Quindío por el apoyo financiero al proyecto 14-CB.

REFERENCIAS

- Baker HG. The evolution of weeds. *Annu Rev Ecol Syst.* 1974;5(1):1-24.
- Bergeson GB. The effect of *Meloidogyne incognita* on the resistance of four muskmelon varieties to *Fusarium* wilt. *Plant Dis Rep.* 1975;59(1):410-413.
- Blumenthal D, Jordan N. Weeds in field margins: a spatially explicit simulation analysis of Canada thistle population dynamics. *Weed Sci.* 2001;49(4):509-519. Doi: [http://dx.doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0509:WIFMAS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0509:WIFMAS]2.0.CO;2)
- Booth BD, Murphy SD, Swanton CJ. Weed ecology in natural and agricultural systems. United Kingdom: CABI; 2003. p. 17-28. Doi: 10.1079/9780851995281.0000
- Burnside OC, Wilson RG, Weisberg S, Hubbard KG. Seed longevity of 41 weed species buried 17 years in eastern and western Nebraska. *Weed Sci.* 1996;44(1):74-86.
- Caillaud MC, Dubreuil G, Quentin M, Perfus-Barbeoch L, Lecomte P, De Almeida EJ, *et al.* Root-knot nematodes manipulate plant cell functions during a compatible interaction. *J Plant Physiol.* 2008;165(1):104-113. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2007.05.007>
- Chamorro L, Sans FX. Life-history variation in agricultural and wild populations of *Eriastrum nasturiifolium* (Brassicaceae). *Flora.* 2010;205:26-36.
- Cole LC. The population consequences of life history phenomena. *Q Rev Biol.* 1954;29:103-137.
- Córdoba O, Casas H. Principales arvenses asociadas al cultivo de frijol en la Región Andina. CORPOICA, Regional 4. Estación Experimental El Nus. San Roque. Boletín Técnico. 2003. p. 20-40.
- Cousens R, Warringa W, Cameron JE, Hoy V. Early growth and development of wild radish (*Raphanus raphanistrum* L.) in relation to wheat. *Australian J Agric Res.* 2001;52(7):755-769.
- Couto VM, Vilela FC, Dias DF, Dos Santos MH, Soncini R, Nascimento CGO *et al.* Antinociceptive effect of extract of *Emilia sonchifolia* in mice. *J Ethnopharmacol.* 2011;134(2):348-353.

- Domínguez-Valenzuela JA, Medina JL, Ramírez GP. Banco de semillas y profundidad de emergencia del chayotillo (*Sicyos dappei* D. Don.) en Chapingo, Estado de México. UACH. México. In: Memoria de XXVIII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza, Mazatlán Sin. p. 1-17.
- Donohue K, Messiqua D, Pyle EH, Heschel MS, Schmitt J. Evidence of adaptive divergence in plasticity: density- and site- dependent selection on shade-avoidance responses in *Impatiens capensis*. *Evolution*. 2000;54(6):1956-1968.
- Edelstein-Keshet L. *Mathematical models in biology*. New York: SIAM; 2005. p. 210-270. Doi: <http://dx.doi.org/10.1137/1.9780898719147.ch6>
- Fegan M, Prior P. Diverse members of the *Ralstonia solanacearum* species complex cause bacterial wilts of banana. *Australas Plant Pathol*. 2006;35(2):93-101. Doi: 10.1071/AP05105
- Gómez A, Rivera H. Descripción de malezas en plantaciones de café. Cenicafé. Chinchiná, Colombia; 1987. p. 172-173.
- Guzmán-Asado GI, Alonso-Mielgo AM. Uso de abonos verdes. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. España; 2008. p. 11-22.
- Hamilton WD. The moulding of senescence by natural selection. *J Theor Biol*. 1966;12(1):12-45. Doi:10.1016/0022-5193(66)90184-6
- Khalili HR, Taghizadeh MS, Fathi G, Behpouri A, Siadat A. The effect of competition on morphology and biology of *Amaranthus retroflexus* L. cohorts grown in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pak J Weed Sci Res*. 2012;18:889-893.
- Kleijn D. Species richness and weed abundance in the the vegetation of arable field boundaries [Ph.D. thesis], Wageningen: Wageningen University; 1997. p. 74-83
- Lipowsky A, Roscher C, Schumacher J, Schmid B. Density-independent mortality and increasing plant diversity are associated with differentiation of *Taraxacum officinale* into r- and K-strategists. *PLoS ONE*. 2012;7(1):e28121.
- Lorenzi H. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, parasitas, aquáticas e tóxicas*. 3 ed. Nova Odessa: Plantarum; 2000. p. 90.
- Lorenzi H, Matos FJA. *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas*. Nova Odessa: Plantarum; 2002. p. 161.
- Masalles RM, Sans FX, Pino J. Característiques demagràfiques de dues espècies arvenses pròpies de tipus de cultiu diferents. *Acta Bot Barc*. 1998;45:345-362.
- Masalles RM. Respuestas de la vegetación arvense a los tratamientos agrícolas. *Lazaroa*. 2004;25:35-41.
- Minton NA, Minton EB. Effect of root-knot and sting nematodes on expression of *Fusarium* wilt of cotton in three soils. *Phytopathology*. 1966;56:319-322.
- Momo FR, Capurro AF. *Ecología matemática: Principios y Aplicaciones*. Ediciones Cooperativas. Buenos Aires; 2006. p. 17-36.
- Mueller-Dombois, Ellenberg H. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, New York; 1974. p. 93-100.
- Muko KN, Ohiri FC. A preliminary study on the anti-inflammatory properties of *Emilia sonchifolia* leaf extracts. *Fitoterapia*. 2000;71(1):65-68.
- Murillo E, Viña A, Pérez CA, Ruíz VH. Actividad alelopática de las arvenses asociadas al cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Tolima-Colombia. Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima-Colombia. *Información Tecnológica*. 2006;17(2):15-24.
- Perry JN, González-Andujar JL. Dispersal in a metapopulation neighborhood model of an annual plant with a seedbank. *J Ecol*. 1993;81(3):453-463.
- Perry LM. *Medicinal Plants of East and Southeast Asia*. MA: MIT Press. Cambridge; 1982. p. 93.
- Pianka ER. On r- and K- selection. *Amer Naturalist*. 1970;104:592-597.
- Ramírez GA. *Ecología. Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá; 2006. p. 50-70.
- Ríos BM, Quirós DJ. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): cultivo, beneficio y variedades. Fenalce. Medellín; 2002. p. 1-193.
- Sala OE, Golluscio RA, Lauenroth WK, Soriano A. Resource partitioning between shrubs and grasses in the Patagonian steppe. *Oecologia*. 1989;81(4):501-505.
- Salazar LF, Hincapié E. Arvenses de mayor interferencia en los cafetales. *Avances Técnicos Cenicafé*. 2005;333:1-12.
- Salazar LF, Rivera JH. Interferencia de arvenses en el desarrollo de cafetos en estado de levante. *Memorias XXXII Congreso de la Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal*. Santa Marta (Colombia), 2002. p.16-17
- Shylesh BS, Padikkala. *In vitro* cytotoxic and antitumor property of *Emilia sonchifolia* (L.) DC in mice. *J Ethnopharmacol*. 2000;73(3):495-500.
- Smith JJ, Offord LC, Holderness M, Saddler GS. Genetic diversity of *Burkholderia solanacearum* (Synonym: *Pseudomonas solanacearum*) race 3 in Kenya. *Appl Environ Microbiol*. 1995;61(12):4263-4268.
- Srinivasan KK, Subramanian SS. Phytochemical screening of *Emilia sonchifolia*. *Fitoterapia*. 1980;51:241-242.
- Thieme HR. *Mathematics in population biology*. Princeton University Press; 2003. p. 5-12.
- Tilman D, Lehman CL, Kareiva P. Population dynamics in spatial habitats. En Tilman D y Kareiva P, eds. *Spatial ecology: The role of space in population dynamics and interspecific interactions*. Princeton University Press. Princeton, NJ; 1997. p. 3-20.
- Vera V. Manejo integrado de plagas en banano y plátano. *Revista bananera*. 1999;16-18.