

ARVENSES EN CULTIVOS DE AGUACATE, TOMATE DE ÁRBOL, PASTOS Y FORRAJES Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO Y COSTOS DE PRODUCCIÓN

Weeds in crops of avocado, tree tomato, pasture, and forage and their relation to yield and production costs

Joaquín G. Ramírez Gil✉

ABSTRACT. Moderate cold weather areas in Colombia is characterized by different production systems highlighting avocado crops, tree tomato, pastures and forages for animal feed. Among the most limiting factors for its production is the weed plants. This study has as objectives to recognize associated weed and management practices, in addition to identifying the relations of these with the yield and the costs of production in avocado, tree tomato, pastures and forages crops. Municipalities were selected with moderate cold weather in Antioquia and in each one, three lots. With these systems, all weeds were identified taxonomically, also management, yield and production costs were determined for each one. With the data of incidence, diversity, and practices of management of weeds and through a logistic regression model was evaluated its relation with the yield and costs of production. This work found that weeds associated with tomato crops, pastures and forages, present a greater imbalance with respect to the production system avocado, which gives rise to the lower diversity and high incidence of a few species for these systems. Meanwhile the practice is more widespread and higher cost generated was chemical control, although under avocado production system there are other management measures, as the use of mulches, mechanical control, among others. It is necessary to determine an integrated management plan for the weeds, in search of greater ecological sustainability and an economic and environmental use of the secondary species within agroecosystems.

Key words: abundance, chemical control, diversity

INTRODUCCIÓN

La zona de clima frío moderado en el departamento de Antioquia, Colombia, se caracteriza por presentar distintos sistemas productivos,

RESUMEN. Las zonas de clima frío moderado en Colombia se caracterizan por presentar distintos sistemas productivos, destacándose los cultivos de aguacate, tomate de árbol, pastos y forrajes para la alimentación animal. Dentro de los aspectos limitantes para su producción se encuentran las plantas arvenses. Este trabajo tuvo como objetivos conocer las arvenses asociadas y sus prácticas de manejo, e identificar las relaciones de estas con el rendimiento y los costos de producción en cultivos de aguacate, tomate de árbol, pastos y forrajes. Se seleccionaron municipios con clima frío moderado de Antioquia y en cada uno de ellos tres lotes con estos sistemas. Se realizó la identificación taxonómica de las arvenses asociadas, así como se determinaron las prácticas de manejo, rendimiento y costos de producción. Con los datos de incidencia, diversidad y prácticas de manejo de arvenses y mediante un modelo de regresión logística se evaluó su relación con el rendimiento y costos de producción. En el estudio se encontró que las arvenses asociadas a los cultivos de tomate, pastos y forrajes, presentan un mayor desequilibrio con respecto al sistema productivo de aguacate, dando origen a que en estos sistemas haya una menor diversidad y alta incidencia de unas pocas especies. Por su parte la práctica de manejo más generalizada y que mayor costo representó fue el control químico, a pesar de que bajo los sistemas de producción de aguacate existen otras medidas de manejo como el uso de coberturas, control mecánico, entre otros. Se hace necesario determinar un plan de manejo integrado para las arvenses, en busca de una mayor sostenibilidad ecológica y un uso económico y ambiental de las especies secundarias dentro de los agroecosistemas.

Palabras clave: abundancia, control químico, diversidad

los cuales son característicos de cada zona y algunos comunes. Dentro de estos últimos se destacan el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill), tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav), pastos y forrajes para la alimentación animal. El primero es un sistema de tipo perenne, el cual se basa en la siembra de variedades comerciales como el Hass, cuya área ha crecido en los últimos años,

Estudiante de Doctorado en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de Ciencias Agrarias
✉ jgramireg@unal.edu.co

consecuencia de una oferta insatisfecha y de las expectativas de exportación que esta fruta presenta (1). Por su parte el cultivo de tomate de árbol es una fruta andina con amplias perspectivas de desarrollo como alternativa productiva, dadas sus cualidades nutritivas y de sabor (2,3). En lo que respecta al cultivo de pastos y forrajes en las zonas altoandinas de Colombia, una alta proporción es ocupada por la especie denominada pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst Ex Chiov), lo que la convierte en la principal especie forrajera para la alimentación de vacas productoras de leche en clima frío (4,5).

Las arvenses son especies vegetales que conviven con los cultivos económicos, donde su presencia puede afectar la producción, es por esto que se requiere de prácticas de manejo que eviten la competencia inter-específica durante el período crítico de la especie en explotación (6). El efecto de esta competencia se refleja en la reducción cuantitativa y cualitativa de la producción, además de incrementar los costos operacionales de la cosecha y beneficio del producto agrícola (7). Se reporta que la disminución en el rendimiento y calidad de las cosechas así como los costos del control de arvenses pueden representar del 10 al 15 % el valor de la producción (8).

En competencia inter-específica no regulada, las arvenses pueden convertirse en el problema más severo de la agricultura mundial, dado por sus daños directos como la competencia por recursos; además, de su papel indirecto, donde estas pueden participar como hospederos de plagas y enfermedades (9). Por otra parte, es importante resaltar que no toda la flora considerada como arvense, es perjudicial, ya que en muchos casos presenta efectos positivos, dando lugar a un mayor equilibrio ecológico, lo cual se puede traducir en menores niveles de plagas y enfermedades, conservación del recurso suelo, entre otros (8,10). Es importante resaltar que el efecto deletéreo de estas estará asociado a la etapa crítica, donde la especie de importancia es más susceptible a la competencia por recursos (6).

Los estudios relacionados sobre la identificación de arvenses asociadas a sistemas productivos de aguacate y tomate de árbol en clima frío moderado en Colombia, son escasos, los cuales han abordado el tema de una manera general, sin que se reporte un muestreo sistemático (11,12). Por su parte a nivel de pastos y forrajes se han realizado algunos trabajos de reconocimiento de arvenses, pero en otras condiciones climáticas (13,14). Dada esta condición este trabajo tuvo como objetivo determinar la incidencia de las arvenses asociadas a sistemas productivos de aguacate, tomate de árbol y forrajes en clima frío moderado, las prácticas de manejo desarrolladas por los productores, además de identificar las relaciones

de estas con el rendimiento y los costos de producción en estos sistemas productivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN DEL MUESTREO EN CAMPO Y PROCESAMIENTO DE MUESTRAS BOTÁNICAS EN HERBARIO

La fase de muestreo en campo se desarrolló en tres regiones del departamento de Antioquia, sobre clima frío moderado durante los periodos comprendidos entre los años 2013 y 2014. Los municipios seleccionados fueron San Pedro de los Milagros, Entrerrios y Donmatías en la región del Altiplano Norte, San Vicente, La Ceja, La Unión y Sonsón en el Oriente y Amaga y Jardín en el Suroeste. En cada municipio se seleccionaron tres lotes por cada sistemas de producción evaluado (aguacate, tomate de árbol, pastos y forrajes), los cuales se ubicaron en un perfil altitudinal de 1 800 hasta los 2 400 m s.n.m., con un rango de temperatura y precipitación de 16-22 °C y 1800-2600 mm año⁻¹ respectivamente (Figura 1). La fase de laboratorio se desarrolló en el herbario "Medel" de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

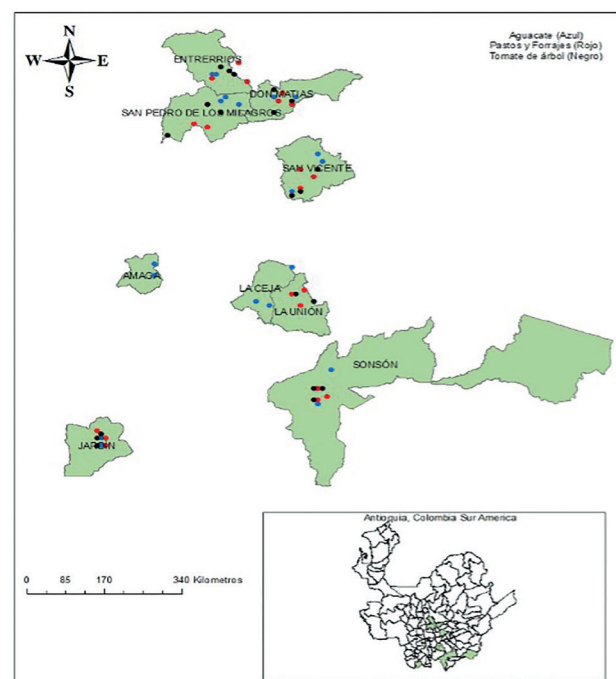


Figura 1. Ubicación geográfica de los lotes muestreados en los cultivos de aguacate, tomate de árbol, pastos y forrajes, en clima frío moderado del departamento de Antioquia, Colombia

MUESTREO EN CAMPO E IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECIES ARVENSES

En cada uno de los municipios escogidos se seleccionaron tres lotes para cada sistema de producción (Figura 1). Para el sistema productivo de aguacate solo se muestrearon lotes sembrados con la variedad comercial Hass. Por su parte para los asociados a pastos y forrajes, las fincas muestreadas fueron las que estaban establecidas con la gramínea conocida como "kikuyo" (*P. clandestinum*) y dedicadas a la ganadería para la producción de leche, por lo que en la región del Suroeste solo se realizó muestreo en el municipio de Jardín. En cada uno de los lotes se seleccionaron 30 sitios al azar, lanzándose un marco cuya área fue de 0,25 m² (0,50*0,50 m). Sobre toda la zona cubierta se determinaron las especies vegetales existentes. Se procedió a la identificación mediante caracteres taxonómicos clásicos, siguiendo la guía de campo para reconocimiento de arvenses en la zona central cafetera de Colombia (15). Para el caso de las especies vegetales cuya identificación no fue posible mediante esta estrategia, se colectaron muestras botánicas, incluyendo partes vegetativas y reproductivas. Se prensaron en papel periódico para su transporte hasta el herbario Medel, donde se procedió a su secado en estufa a 60 °C (Binder®) por tres días; luego se realizó el montaje técnico para su identificación en el herbario mediante la comparación con los ejemplares existentes. A cada uno de los morfotipos encontrados se les realizó registro fotográfico, el cual se utilizó como ayuda para su identificación taxonómica.

DETERMINACIÓN DE VARIABLES ASOCIADAS A LAS ARVENSES EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EVALUADOS

A partir de los datos obtenidos del reconocimiento de arvenses se determinó la incidencia, cuantificada como la cantidad de presencias de una especie determinada, dividida por el total de sitios muestreados. La diversidad existente en cada uno de los sistemas de producción se evaluó mediante el índice de diversidad de Shannon (ecuación 1). En cada finca muestreada se realizó una caracterización de las variables asociadas a su manejo; para lo cual se diseñó una encuesta estructurada con una serie de preguntas asociadas a las determinadas prácticas que pueden usarse para el manejo de las arvenses, con respuestas dicotómicas (sí o no), según su realización o no por parte de los productores. Para cada sistema se determinaron los costos de producción, además del rendimiento promedio, cuantificado en aguacate y tomate de árbol como la cantidad promedio producida por año (t ha⁻¹); mientras que para pastos y forrajes, este valor se asoció a la cantidad de biomasa producida por ciclo de pastoreo (40 días).

Valor determinado mediante aforo con el mismo marco de muestreo de las arvenses y expresado en cantidad de biomasa por hectárea (t ha⁻¹).

$$\text{Ecuación 1} = H' = -\sum_{i=1}^S (p_i) (\log_2 p_i)$$

donde:

H= Índice de Shannon

S= Número de especies (riqueza de especies)

P_i= Proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie *i*), ni/N

ni= Número de individuos de la especie *i*

N= Número de todos los individuos de todas las especies

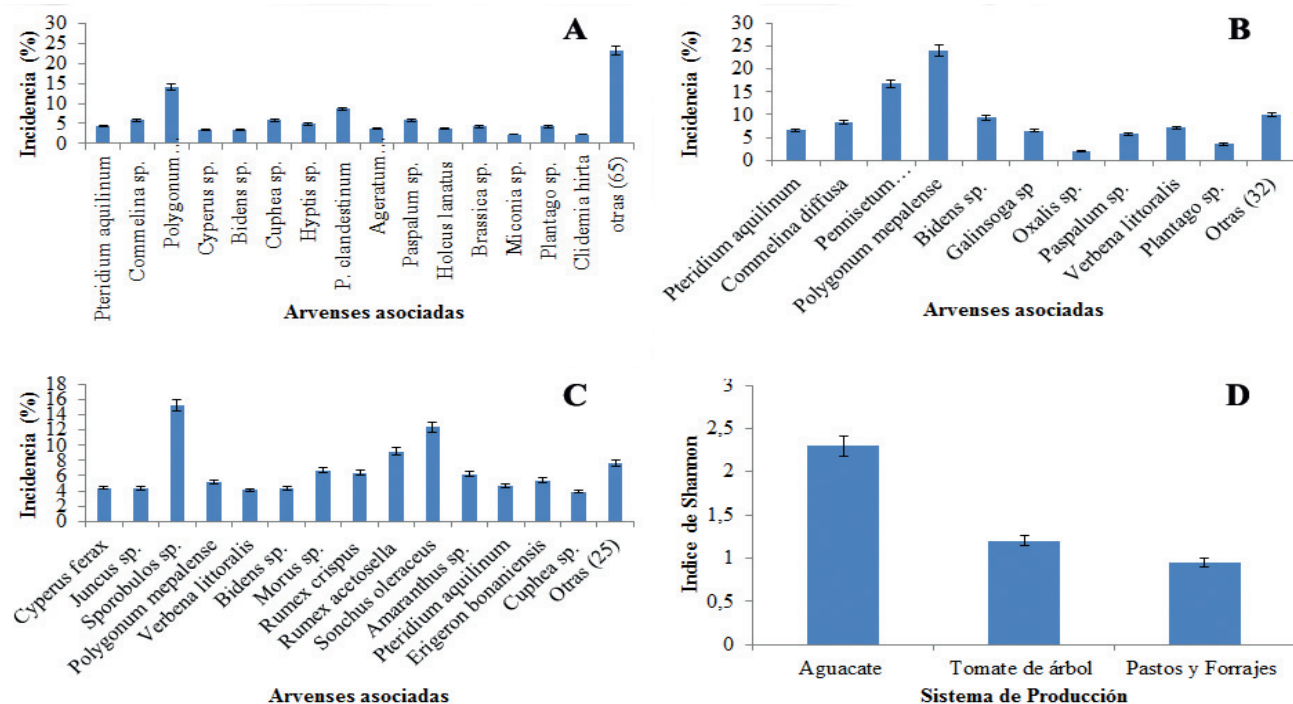
ANÁLISIS DE DATOS

Para cada sistema de producción se determinó la media de la incidencia de cada especie de arvense asociada y las prácticas de manejo relacionadas, a las cuales se les calculó el intervalo de confianza. Para el resultado del índice de diversidad de Shannon se evaluó la homocedasticidad y normalidad de los datos (P<0,01), utilizando los ensayos de Levene (16) y Kolmogorov-Smirnov (17), respectivamente. A los datos se les realizó un análisis de varianza y una prueba de separación de medias de Tukey (18), con un nivel de significancia del 95 %. Con el fin de establecer la relación existente entre las arvenses con mayor incidencia (5 especies) y las labores para su manejo con los rendimientos y los costos asociados a cada sistema de producción, se construyó un modelo lineal generalizado, usando la regresión logística. Todos los cálculos se realizaron mediante el programa computacional r.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RECONOCIMIENTOS E INCIDENCIA DE ARVENSES PRESENTES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE AGUACATE, TOMATE DE ÁRBOL, PASTOS Y FORRAJES

Las arvenses asociadas a los cultivos de aguacate pertenecieron en un 75,8 % a un grupo de 15 especies, las cuales se distribuyeron homogéneamente en las tres zonas de estudio, mientras que el 24,2 % restante estuvieron asociadas a 65 especies, con ubicación común y específica a una determinada región. Dentro de las especies de mayor prevalencia se encontró a *Polygonum nepalense* Meisn., *P. clandestinum*, *Commelina* sp., *Cuphea* sp. y *Paspalum* sp. (Figura 2A). Algunas encontradas en mayor proporción y otras reportadas en este trabajo, han sido enunciadas como las principales especies monocotiledóneas y dicotiledóneas asociadas a los cultivos de aguacates en zonas de clima frío en Colombia (12).



A: incidencia de arvenses en sistema productivos de aguacate. B: incidencia de arvenses en sistema productivos de tomate de árbol. C: incidencia de arvenses en sistema productivos de pastos y forrajes. D: índice de diversidad de Shannon de arvenses en sistemas productivos de aguacate, tomate de árbol y forrajes. Las barras en las figuras representan el intervalo de confianza de las medias, donde la superposición de estas indica que no hay diferencias significativas ($P > 0,05$).

Figura 2. Arvenses y su diversidad asociadas a sistemas de producción de aguacate, tomate de árbol, pastos y forrajes en clima frio en Antioquia

Para el caso del sistema de producción de tomate de árbol, el 90 % de la incidencia de arvenses estuvo representado por diez especies, con distribución homogénea en las tres zonas de estudio, mientras que en el 10 % restante se asoció a 32 especies. La distribución en este sistema mostró que existen arvenses con una alta incidencia como es el caso de *P. nepalense*, *P. clandestinum*, *Bidens sp.*, *Commelina diffusa* Burm. F., *Verbena littoralis* Kunth., entre otros (Figura 2B). Algunas de estas han sido reportadas como arvenses asociadas a este sistema productivo, producto de la ecología y presencia en una determinada zona de vida, pero no de un muestreo sistemático cuyo objetivo haya sido la identificación de especies arvenses (11).

En la producción de pastos y forrajes se presentó una situación similar a la de tomate de árbol, ya que 14 especies presentaron una incidencia del 92,4 %, mientras que el 7,6 % restante estuvo asociado a solo 25 especies. En este sistema productivo sobresalió la presencia de arvenses como *Sporobolus sp.*, *Sonchus oleraceus* L., *Rumex crispus* L., *Morus sp.*, entre otros (Figura 2C).

Para los tres sistemas de producción evaluados se encontró que las arvenses más relevantes estuvieron asociadas a la familia Poaceae, Hypolepydaceae, Poligonaceae, Conmelinaceae, Verbenaceae,

Amaranthaceae, Cyperaceae entre otras, lo cual concuerda con reportes donde se considera que dentro de las especies de arvenses con mayor prevalencia y agresividad en distintos ecosistemas están aquellas que pertenecen a la familia Poaceae, aunque también puede sobresalir la familia Cyperaceae (19). Dentro de los resultados encontrados se reportan especies de difícil manejo por su alta capacidad de interferencia con la especie objetivo como *Pteridium aquilinum* Kuhn, *Paspalum sp.*, *Erigeron bonariensis* L., *Cyperus ferax* L., *Cyperus sp.*, entre otras (20). Esta situación genera la necesidad de realizar los respectivos seguimientos y determinar el impacto que estas especies de arvenses presentan sobre el cultivo comercial, además de identificar las etapas críticas y aspectos fundamentales de su ecología, con el fin de lograr un manejo técnico del problema.

ÍNDICE Y DIVERSIDAD DE ARVENSES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE AGUACATE, TOMATE DE ÁRBOL, PASTOS Y FORRAJES

La evaluación de los niveles de diversidad de arvenses (Figura 2D), mediante el índice de Shannon, arrojó que en los sistemas de producción de aguacate este indicador fue estadísticamente superior ($P < 0,05$) al valor encontrado en tomate de árbol,

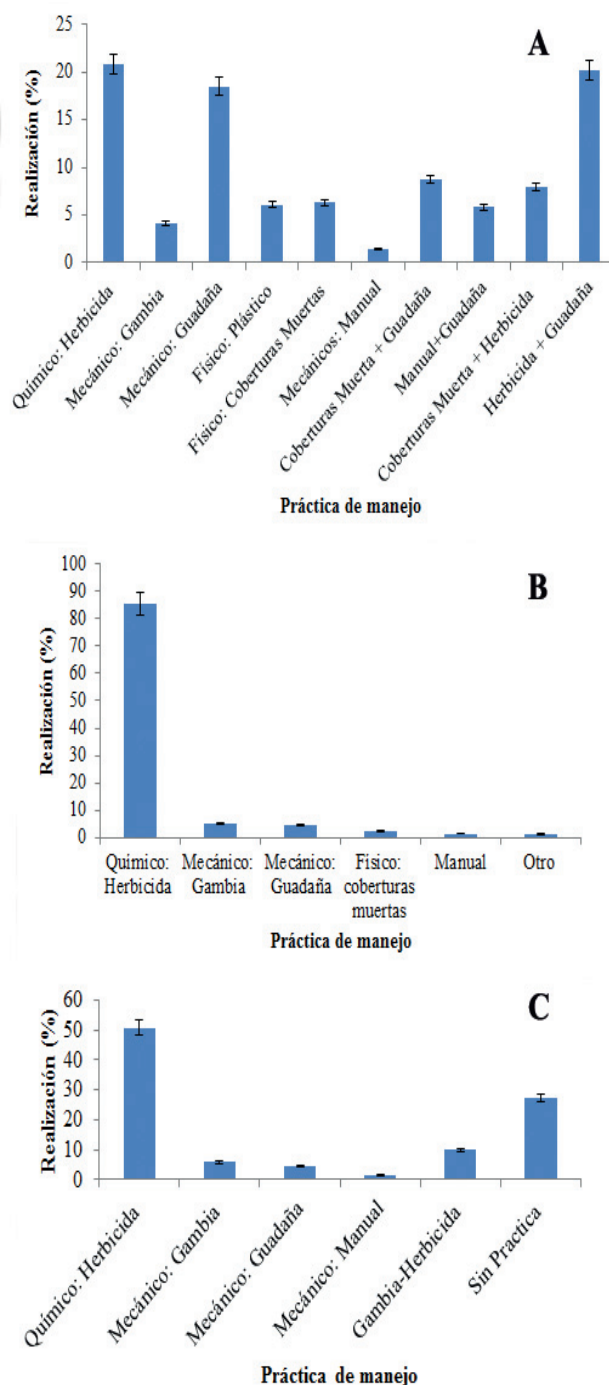
pastos y forrajes; las diferencias encontradas en estos dos últimos no fueron estadísticamente distintas ($P > 0,05$). Estos resultados se muestran en las Figuras 2A, B y C, donde se pudo identificar que para el sistema de producción de aguacate la incidencia de las arvenses es más homogénea sin que haya niveles muy altos de una determinada especie, además de la existencia de una mayor cantidad de estas. Caso contrario ocurre en los sistemas productivos de tomate de árbol, pastos y forrajes, donde algunas arvenses presentan altas incidencias y una menor cantidad de especies.

PRÁCTICAS DE MANEJO DE ARVENSES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE AGUACATE, TOMATE DE ÁRBOL, PASTOS Y FORRAJES

Las prácticas de manejo asociadas a los sistemas de producción de aguacate, tomate de árbol, pastos y forrajes, se agruparon en diferentes medidas; de tipo químico, cuando se utilizó un herbicida; mecánicas, cuando se usó alguna herramienta como la gambia o la guadaña, o cuando esta labor se hizo manualmente. Por su parte en las prácticas de tipo físico, se agruparon las medidas de manejo como el uso de coberturas de plástico o con residuos vegetales muertos.

Dentro de este contexto los resultados arrojaron que las prácticas de manejo estuvieron dominadas por el uso de herbicidas, como única medida, con porcentajes de realización del 20,8; 85,3 y 50,7 % para aguacate, tomate de árbol, pastos y forrajes respectivamente, (Figura 3A, B y C). Esta práctica también presentó valores superiores en los cultivos de aguacate, pastos y forrajes, cuando se combinó con otras estrategias como las coberturas muertas (8 %) y el uso de la guadaña (20,2 %) en aguacate y para pastos y forrajes con el uso de la gambia (10 %) (Figura 2A, B y C).

Los sistemas de producción de aguacate sobresalieron por el uso alternativo de medidas de manejo distintas al control químico. La guadaña, las coberturas de plásticos y muertas presentaron valores de realización de 18,5; 6,1 y 6,3 % respectivamente, mientras la combinación de la guadaña y la cobertura muerta presentaron un valor de 8,7 %. Otras labores realizadas en este sistema de producción fue el uso de la gambia, manual y la combinación de esta última con la guadaña. Para el caso del cultivo de tomate de árbol prácticas como el uso de la gambia, guadaña, coberturas muertas y manual no superaron el 5 % de realización en campo. Situación muy similar ocurrió en el sistema de pastos y forrajes, donde el uso de estas fue inferior al 5,8 % (Figura 3A, B y C), con la diferencia de que el 27,3 % de las explotaciones no realizan ninguna de estas prácticas, ya que consideran que con un adecuado programa de fertilización, carga y rotación de las praderas, las arvenses se mantienen en niveles muy bajos y la utilización de una de estas prácticas no es necesaria.



A: sistemas productivos de aguacate. B: sistemas productivos de tomate de árbol. C: sistemas productivos de pasturas y forrajes. Las barras en las figuras representan el intervalo de confianza de las medias, indicando diferencias estadísticas ($P > 0,05$)

Figura 3. Labores asociadas al manejo de arvenses en sistemas de producción de aguacate, tomate de árbol, pasturas y forrajes en clima frío en Antioquia

La no realización de prácticas de manejo en los sistemas de pastos o forrajes puede obedecer a que la especie económica principal fue el *P. clandestinum*. Para la zona de clima frío moderado presenta una buena adaptación, por su condición perenne de carácter invasor y goza de una buena aceptación por parte de los productores (4,5), lo que la hace una excelente competidora con respecto a otras especies, disminuyendo así el impacto negativo de las arvenses, provocando todo esto la no realización de prácticas de manejo en los sistemas de pastos o forrajes.

Coincidiendo con lo encontrado en este trabajo se reporta que aunque las arvenses sean consideradas de importancia económica por parte de los productores de forrajes en las zonas de clima cálido en Colombia, la mayoría no realiza ningún tipo de manejo o lo realizan inadecuadamente (15). Para el caso de las explotaciones que realizan algunas prácticas de manejo sobresale el uso de productos químicos o la quema de la pradera.

El registro fotográfico de las prácticas de manejo de las arvenses en los distintos sistemas de producción se observa en la Foto 1. Por su parte en la Foto 2 se realiza el reporte visual de los problemas asociados al uso inadecuado de los herbicidas, los cuales pueden provocar daños sobre los tejidos de las especies cultivables, cuya sintomatología más asociada fue clorosis, necrosis y atrofia de tejidos. Esta situación puede deberse a múltiples situaciones, sobresaliendo el uso de sobredosis, el proceso de

aplicación, contaminación cruzada por un inadecuado lavado de los equipos de aspersión, entre otras.

Estos resultados indican que existe un desconocimiento y falta de aplicación de un programa de manejo integrado de las arvenses; donde solo en el sistema de producción de aguacate y en una mínima parte en el de pastos y forrajes realizan la combinación de distintas estrategias, cuyo caso más crítico se presenta en tomate de árbol, donde el manejo se basa casi exclusivamente en la utilización del control químico (Figura 3 y Foto 1).

En los tres sistemas de producción se identificó la alta dependencia que hay del uso de herbicidas (Figura 3), cuya problemática se agrava con el inadecuado uso de estos; donde se recurre corrientemente a las sobredosis y al uso continuo de los mismos ingredientes activos. Esta situación podría dar lugar a que se presente el fenómeno de resistencia en algunas arvenses, sumando otros problemas como la toxicidad en los cultivos, la contaminación de las aguas y la pérdida de suelo por la inexistencia de las coberturas vegetales nobles (13).

Cabe resaltar que el concepto que se busca en el cultivo de tomate de árbol, de no poseer ninguna arvense (Foto 1F), no es el adecuado ya que tiene como objetivo eliminar toda planta existente excepto la especie de interés comercial. Esta estrategia no considera la conservación de ciertos niveles de arvenses, las cuales pueden participar activamente en el manejo integrado de poblaciones plagas al aumentar los insectos benéficos (10,21), además de su papel en la protección de los suelos (20).



A-E: sistema de producción de aguacate. A: herbicida. B: guadaña. C: cobertura muerta. D: cobertura de plástico. E: gambia. F-H: sistema de producción tomate de árbol. F: herbicida. G: cobertura muerta. H: gambia. I-K: sistema de producción de forrajes. I: herbicida. J: gambia. K: guadaña

Foto 1. Aspecto visual de las prácticas de manejo de arvenses en sistemas de producción de aguacate, tomate de árbol y pasturas en clima frío en Antioquia



A: plántula de aguacate. B: tomate de árbol. C: pradera en pasto *P. clandestinum*

Foto 2. Aspecto visual de problemas de fitotoxicidad por herbicidas en sistemas de producción de aguacate, tomate de árbol y pasturas en clima frío en Antioquia

En los sistemas productivos evaluados se desconocen parámetros de suma importancia para el manejo de las arvenses como los periodos críticos, donde se hace necesario realizar alguna medida de manejo, de lo contrario los daños pueden ser irreversibles (9). Además, se desconoce los tres pilares fundamentales asociados al manejo de esta problemática como lo son la ecología de las arvenses, las características del sistema productivo y el conocimiento y recursos que posee el agricultor (22).

El inadecuado y excesivo uso de los herbicidas puede considerarse una de las causas de los bajos niveles de diversidad encontrados en los sistemas, donde esta práctica presenta niveles de uso muy alto (Figura 3). Se plantea que una de las causas por las cuales se aumenta la prevalencia de una determinada arvense en un sistema productivo, es por el uso continuado de herbicidas, los cuales eliminan las especies de menor capacidad de supervivencia, seleccionando así las de mayor plasticidad ecológica (10). En algunos trabajos

se reporta que la proporción de arvenses en pasturas de clima cálido está relacionada con la diversidad de estas y la presencia de suelo desnudo, dando lugar a que la mayor prevalencia de una especie se de en sistemas productivos con bajos niveles de diversidad y suelos descubiertos (13).

Es importante mencionar que el manejo irracional trae consecuencias negativas sobre el agroecosistema, dado el efecto nocivo sobre las especies vegetales que erróneamente son consideradas arvenses. Esta situación contradice los principios de una agricultura moderna, en la cual se busca que sea lo más sostenible y amigablemente con el ambiente. Con este panorama se hace necesario un cambio en la forma de afrontar el manejo de las arvenses, donde se requiere de una visión holística, enmarcada en el conocimiento de aspectos fundamentales para el manejo de arvenses como es la dinámica espacial, temporal, las relaciones ecológicas existentes, entre otras.

Es por eso que el manejo integrado de las arvenses debería hacer uso de las herramientas de tipo mecánico, químico, manual, cultural y biológico, con el objetivo de reducir las poblaciones que causan interferencia en la especie principal, con una baja utilización de recursos y métodos ambientalmente sostenibles. Estas prácticas deben buscar favorecer aquellas especies menos agresivas, de baja competencia y que presenten beneficios como protección del suelo, hospederos de poblaciones benéficas, entre otros (9,22,23).

RELACIÓN DE LAS ESPECIES DE MAYOR INCIDENCIA Y LAS PRÁCTICAS DE MANEJO CON EL RENDIMIENTO Y LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS EVALUADOS

La incidencia de las arvenses en los sistemas de producción evaluados solo presentó relación con el rendimiento para dos especies asociadas a pastos y forrajes (Tabla I) y, cuyo signo negativo indica que su presencia conduce a la disminución en la cantidad de biomasa producida.

Estos resultados indican que en los otros dos sistemas la presencia de las plantas arvenses no afecta el rendimiento, lo cual podría darse debido al estricto manejo que se realiza en tomate de árbol con el uso indiscriminado de herbicidas o para el caso de aguacate, las prácticas antrópicas o el efecto natural de la acumulación de hojarasca sobre el plato, que evitan que se presente una competencia por luz y nutrientes que afecte la producción.

Los resultados asociados a la Tabla I, revelan que no todas las especies de arvenses presentan impactos negativos, indicando la necesidad de realizar un uso adecuado de las mismas, como la producción de forrajes, uso medicinal y en la recuperación de suelos degradados (14).

Otra alternativa es como coberturas muertas, con excelentes resultados en el manejo de problemas fitosanitarios y activador de la microbiota benéfica del suelo (24). Al respecto se plantea que muchas arvenses pueden ser necesarias para albergar poblaciones de especies benéficas, que actúan como depredadores o parasitoides de insectos dañinos, dando lugar a la necesidad de realizar su identificación y el mantenimiento de estas plantas en zonas cercanas al cultivo comercial (10).

Un ejemplo de este tipo se presenta en el cultivo de tomate de árbol, donde especies de insectos benéficos que participan en la depredación del gusano perforador del fruto (*Neoleucinodes elegantalis* Guenée), se encuentran en mayor proporción en arvenses de la familia Asteraceae como el cadillo (*Bidens pilosa* L.), la hierba de chivo (*Ageratum* spp.), el botón amarillo (*Jaegeria hirta* Lag) y de la familia Polygonaceae como el corazón herido (*P. nepalense*) (21).

Tabla I. Relación existente entre las arvenses de mayor importancia y el rendimiento de los sistemas de producción de aguacate, tomate de árbol, pastos y forrajes

Especie de arvense	Resultado estadístico		Sistemas de producción		
<i>P. nepalense</i>	-0,56 ¹	0,56 ²	+ ³	+ ⁴	⁵
<i>P. clandestinum</i>	1,28	0,35	+	+	
<i>Commelina</i> sp.	0,021	0,67	+		
<i>Cuphea</i> sp.	0,97	0,43	+		
<i>Paspalum</i> sp.	1,0	0,39	+		
<i>Bidens</i> sp.	0,35	0,23		+	
<i>C. difusa</i>	2,5	0,28		+	
<i>V. listoralis</i>	1,23	0,10		+	
<i>Sporobolus</i> sp.	-3,45	0,004**			+
<i>S. oleraceus</i>	-1,45	0,045*			+
<i>R. crispus</i>	-1,1	0,15			+
<i>Morus</i> sp.	0,23	0,09			+
<i>R. acetosella</i>	0,31	0,06			+

¹ valor estimado por el modelo. ² P value: * con significancia estadística (p<0,05). ³ aguacate. ⁴ tomate de árbol. ⁵ pastos y forrajes

El valor total de los costos del manejo de arvenses en aguacate, tomate de árbol, pastos y forrajes fue del 8,5, 12 y 9 % respectivamente, lo que corrobora lo enunciado anteriormente en el sistema de producción de tomate de árbol, donde se hace un sobre control de las especies que no son el cultivo principal, lo que conduce a un aumento de los costos de producción (Tabla II).

En lo que respecta a la relación existente entre las prácticas de manejo y los costos de producción se encontró que la cantidad de labores que presentan una relación significativa en los sistemas de producción evaluados (Tabla II), está asociado al porcentaje de realización de estas (Figura 3). Todos los coeficientes presentaron signo positivo, indicando que la realización de cada una de ellas aumenta los costos de producción. La práctica denominada control químico en los sistemas de producción de tomate de árbol, pastos y forrajes, presentó significancia, además de una alta participación sobre los costos totales de producción. Por su parte en los sistemas de producción de aguacate el manejo mecánico (guadaña), representó la labor que más costos género (Tabla II).

Estos resultados indican la importancia económica asociada al manejo de las arvenses, donde los costos más altos se asocian al uso de los herbicidas, lo cual se grava por el inadecuado manejo que se hace de estos. Por otra parte, es fundamental redefinir el concepto de arvenses y su papel en los agroecosistemas; por lo cual se hace necesario determinar si una especie vegetal actúa como competidora en un sistema productivo dependiendo del objetivo que se busque. Para el caso del cultivo de aguacate y tomate de árbol se encontró que la especie *P. clandestinum* era una arvense de alta incidencia, pero para el sistema de producción de forrajes era la especie comercial. Esta situación genera la necesidad de que la primera estrategia dentro de un programa de manejo integrado de arvenses sea su reconocimiento, posterior se recomienda evaluar cuales son la que presentan una mayor interferencia con la especie objetivo y así poder definir su impacto económico.

Tabla II. Relación existente entre prácticas de manejo de las arvenses y los costos en los sistemas de producción de aguacate, tomate de árbol, pastos y forrajes

Práctica de manejo	Resultados estadístico			Costos de producción (%)		
Químico	2,3 * ^{1,2}	12,5* ^{1,3}	8,7* ^{1,4}	2 ²	12,5 ³	5,2 ⁴
Mecánico (guadaña)	3,1*	0,31	0,9*	3,7	0,1	1,2
Mecánico (gambia)	0,031	0,61	1,1*	0,5	0,2	2,1
Mecánico (manual)	0,17*	0,013	0,15	1	0,1	0,5
Físico (cobertura muerta)	1,0	0,19	0,00	0,1	0,1	0
Físico (plástico)	0,45*	0,13	0,00	1,2	0	0

¹valor estimado por el modelo; *con significancia estadística (p<0,05); ²aguacate; ³tomate de árbol y ⁴pastos y forrajes

También se debe indagar sobre las diversas relaciones que se establecen entre sí; así como, aquellas con otros organismos que habitan en el agroecosistema (20,21).

Por otra parte, es necesario generar estrategias de manejo de arvenses amigables con el medio ambiente, donde se les pueda dar un valor agregado, el cual puede ser desde una perspectiva ecológica y económica; ya que para el caso de los sistemas de producción de aguacate, una de las arvenses de mayor incidencia fue *P. clandestinum*, la cual podría usarse de una manera comercial en la producción de ensilaje para la alimentación de rumiantes.

CONCLUSIONES

Los sistemas de producción de tomate de árbol y pastos y forrajes, presentaron baja diversidad de arvenses en comparación con el sistema de producción de aguacate, dando lugar a altas incidencias en pocas especies. En lo que respecta al manejo de esta problemática, se encontró que existe un gran desconocimiento de los conceptos básicos del manejo integrado de arvenses, provocando un uso inadecuado del control químico. La inexistencia de una estrategia ambiental y ecológicamente de las arvenses conduce a que estas se vuelvan un problema, no solo por el aumento en las incidencias de algunas especies, sino por el costo que representa su control, por lo que es necesario redefinir el concepto arvense y poder hacer un uso económico y ambiental de estas en los agroecosistemas.

AGRADECIMIENTOS

En este trabajo se quiere dar el agradecimiento al ingeniero agrónomo Alejandro Gil y al estudiante de agronomía Santiago Cárdenas, de la Universidad Nacional de Colombia por su ayuda en el proceso de colección y procesamiento de las muestras botánicas. Se agradece también la ayuda prestada por el curador del herbario Medel Jorge Vélez y a Carlos Monsalve, por su ayuda en la identificación taxonómica.

BIBLIOGRAFÍA

- Ramírez-Gil JGR, Sánchez DAC, Osorio JGM. Estudios etiológicos de la marchitez del aguacate en Antioquia-Colombia. *Revista Ceres*. 2014;61(1):50-61.
- Lagos TC, Benavides CA, Paredes R, Lagos LK. Distribución del tomate de árbol *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt. y caracterización eco-climática en las zonas del cultivo de Nariño. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 2011;5(1):11-9.
- Castaño MJ, Ramírez JG, Patiño LF, Morales JG. Alternativa para el manejo de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en *Solanum betaceum* Cav. mediante inductores de resistencia. *Revista de Protección Vegetal*. 2015;30(3):204-12.
- Ramírez J, Morales J. Efecto de alternativas de fertilización para pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre indicadores de calidad ambiental y manejo agronómico. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2013;26(supl.):471-471.
- Ramírez J, Morales J. La fertilización balanceada para pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov) disminuye la incidencia de insectos chupadores. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2013;26(supl.):474-5.
- Andreasen C, Stryhn H. Increasing weed flora in Danish arable fields and its importance for biodiversity. *Weed Research*. 2008;48(1):1-9.
- Aramendiz-Tatis H, Cardona-Ayala C, de Oro R. Periodo de interferencia de arvenses en el cultivo de berenjena (*Solanum melongena* L.). *Agronomía Colombiana*. 2010;28(1):81-8.
- Page ER, Tollenaar M, Lee EA, Lukens L, Swanton CJ. Does the shade avoidance response contribute to the critical period for weed control in maize (*Zea mays*)? *Weed Research*. 2009;49(6):563-71.
- Blanco VY, Leyva GÁ, Castro LI. Determinación del período crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.). *Cultivos Tropicales*. 2014;35(3):62-9.
- Blanco Y, Leyva Á. Las arvenses y su entomofauna asociada en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) posterior al periodo crítico de competencia. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 2013;17(3):51-65.
- Bernal-Estrada J, Díaz CA. Tecnología para el cultivo del tomate de árbol [Internet]. Antioquia: CORPOICA; 2003 [citado 14 de marzo de 2017]. 129 p. Disponible en: <http://catalogosuba.sisbi.uba.ar/vufind/Record/http%253A%252F%252Fwww.agro.uba.ar%252Fuser-s%252Ffrins%252Fagromono%252F012100>
- Córdova O. Arvenses. En: Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el Cultivo de Aguacate. Antioquia, Colombia: CORPOICA; 2014. p. 212-26.
- Canizalez SA, Celemin CJS, Delgado JM, Esquivel H, Pérez A. Manejo e inventario de arvenses en pasturas de clima cálido y medio en el Departamento del Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 2009;2(1):28-36.
- Cifuentes LM, Sepúlveda NM del P, Gómez MGD. Arvenses asociadas a sistemas de pasturas en la zona baja del departamento del Quindío. *Revista de Investigación de la Universidad del Quindío*. 2012;23(2):101-11.
- Gómez A, Rivera P. Descripción de arvenses en plantaciones de café [Internet]. 2.ª ed. Chinchina: Cenicafé; 1995 [citado 14 de marzo de 2017]. 490 p. Disponible en: <https://books.google.com/cu/books?id=LF3pMgEACAAJ>
- Levene H. Robust tests for the equality of variance. En: *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling* [Internet]. Stanford University Press; 1960 [citado 3 de junio de 2016]. p. 278-92. Disponible en: <https://books.google.com/cu/books?id=ZUSAAAAIAAJ>

17. Massey FJ. The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit. *Journal of the American Statistical Association*. 1951;46(253):68-78.
18. Tukey JW. Bias and confidence in not quite large samples. *The Annals of Mathematical Statistics*. 1958;29(2):614-23.
19. Gamez LA, Hernández M, Díaz R, Vargas J. Caracterización de la flora arvense asociada a un cultivo de maíz bajo riego para producción de jojotos. *Agronomía Tropical*. 2011;61(2):133-40.
20. Salazar L, Gómez E. Interferencia de arvenses en diferentes etapas del cultivo de café en la zona central cafetera. *Cenicafé*. 2009;60(2):126-34.
21. Díaz A. Manejo integrado del gusano perforador de fruto del lulo y tomate de árbol. Antioquia, Colombia: FONTAGRO - CORPOICA; 2013. 68 p.
22. Rodríguez M, Plaza G, Gil R, Chaves B, Jiménez J. Propuesta de manejo de arvenses en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) basada en aspectos agronómicos y socioeconómicos. *Agronomía Colombiana*. 2010;28(1):89-97.
23. López J, Villalba D, Salazar L, Cardenas O. Manejo integrado de arvense en el cultivo del café. *Avances Técnicos Cenicafé*. 2012;417:1-8.
24. Ramirez-GilJGR, Sánchez DAC, Osorio JGM. Dinámica microbial del suelo asociada a diferentes estrategias de manejo de *Phytophthora cinnamomi* Rands en aguacate. *Revista Ceres*. 2013;60(6):811-9.

Recibido: 9 de marzo de 2016

Aceptado: 14 de noviembre de 2016