

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

## **Manejo de arvenses en caña de azúcar, impacto ambiental, efectividad económica y de control**

### **Management of weeds in sugarcane, environmental impact, economic effectiveness and control**

Dailín Rodríguez Tassé<sup>1\*</sup>, René Nivardo Barbosa García<sup>1</sup>, Elio Rodríguez Vicente<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Oriente - Sur (ETICA), Carretera central km 2 ½, Los Coquitos, Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba*

<sup>2</sup> *Unidad Empresarial de Base Dos Ríos, Avenida Victoria de Girón, Poblado Dos Ríos, Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba*

*\*Autor para correspondencia: [dailin.rodriguez@inicas.cu](mailto:dailin.rodriguez@inicas.cu)*

#### **RESUMEN**

Los sistemas de manejo de las arvenses han tenido y tienen una importancia capital para la agricultura. Aunque se pueden realizar de diversas maneras, lo importante es obtener un buen control con aquellas medidas que resulten ser económicas y practicables. Se realizó un estudio con el objetivo de evaluar el impacto ambiental y económico de diferentes sistemas de manejos de arvenses, el cual fue conducido en áreas de producción comercial de la Unidad Básica de Producción Cañera "Vitalio Acuña" perteneciente a la Unidad Empresarial de Base "Dos Ríos" de la provincia Santiago de Cuba. Se estudiaron cuatro sistemas de manejo de arvenses: Químico (Aplicación total de Herbicida), Mecánico (Desyerbe con labores de cultivo mecánicas), Químico/Mecánico (Aplicación de herbicida localizado en bandas), y Cultural (Cobertura inalterada de residuos de cosecha). Se utilizó un diseño experimental en franjas con tres réplicas. La cobertura de arvenses se determinó a los 30, 60 y 90 días después de aplicados los tratamientos. Se calcularon los gastos económicos incurridos y fue determinada la carga contaminante hacia la atmósfera. A los 90 días, los menores porcentaje de cobertura de arvenses se obtuvieron en los sistemas de manejo Cultural y Químico/Mecánico que fueron significativamente inferiores a los sistemas de manejo Químico y Mecánico. El sistema de manejo de arvenses que tuvo el mejor comportamiento integral desde los puntos de vista de control, impacto ambiental y económico, fue el Cultural, seguido del sistema de manejo Químico/Mecánico.

**Palabras clave:** Cobertura de residuos, impacto ambiental, malezas, sistema de manejo

## ABSTRACT

Weed management systems have had and have a major importance for agriculture, although it can be done in various ways, the important thing is to obtain good control with those that are the most economical and at useful. A study was carried out with the objective of evaluating the environmental and economic impact of different weed management systems, which was conducted in commercial production areas of the Basic Production Unit "Vitalio Acuña", belonging to the Enterprise Unit of Base "Dos Ríos" of the Santiago de Cuba province. Four weed management systems were studied: Chemical (total application of herbicide), Mechanical (weeding with mechanical cultivation), Chemical / Mechanical (application of herbicide located in bands), and Cultural (unaltered coverage of crop residues). A strip experimental design with three replications was used. The coverage of weeds was determined at 30, 60 and 90 days after the treatments were applied, the economic expenses incurred were calculated and the pollutant load to the atmosphere was determined. At 90 days the lowest percentage of weed cover was obtained in the Cultural and Chemical / Mechanical management systems. The weed management system that had the best overall behavior from the point of view of control, environmental and economic impact, was the Cultural, followed by the Chemical / Mechanical management system.

**Keywords:** residual mulch, environmental impact, weeds, management system

## INTRODUCCIÓN

Los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar se ven seriamente afectados por la presencia de las arvenses, que influyen en el desarrollo de las plantas. Estudios realizados en nuestro país por (Barrera *et al.*, 2014) demuestran que las arvenses constituyen el principal azote de los cañaverales, más que las terribles plagas insectiles y enfermedades, por la sencilla razón de que estas aparecen y desaparecen, mientras que las arvenses ofrecen una competencia que, al menor descuido en la constancia de su control, le roban al cultivo su lugar. Las pérdidas ocasionadas por arvenses oscilan entre el 33 y 66 % de la cosecha, aunque se han reportado hasta un 97,5 % debido a la competencia permanente, lo que constituyen la segunda causa de los bajos rendimientos agrícolas en Cuba.

La situación actual de la agricultura cañera cubana requiere de sistemas cada vez más efectivos y económicos que permitan resolver los problemas existentes, con un marcado incremento de la producción, la productividad y la calidad del trabajo (Funes, 2009). Los sistemas de manejo de las arvenses han tenido y van a seguir teniendo una importancia capital

para la agricultura. Estos pueden realizarse de diversas maneras, lo importante es obtener un buen control con aquellas medidas que resulten económicas, practicables y poco agresivas al ambiente. Las combinaciones de distintos métodos de control deben ser realizadas de forma diferente para cada situación concreta, pues una excesiva dependencia de una sola técnica puede dar lugar a problemas ambientales y/o agronómicos indeseables (De Prado, 2001).

Mientras a los métodos de manejo de arvenses químicos y mecánicos se le atribuyen inconvenientes de tipo ecológicos y económicos respectivamente, a los métodos tradicionales de manejo (guataca) que son los más armónicos con la naturaleza y menos costosos, se le señalan serias limitaciones por su baja productividad y escasez de mano de obra (Altieri, 2011).

Por otra parte, el uso constante de productos químicos en la agricultura puede alterar el medio biológico produciendo graves daños en los diversos agroecosistemas, por eso resulta de gran importancia investigar y encontrar alternativas que permitan el desarrollo de los cultivos mediante una agricultura eficaz, no contaminante del medioambiente (Varona,

2012).

El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes sistemas de manejos de arvenses en caña de azúcar durante la cepa retoño, desde los puntos de vista ambiental, económico y de efectividad de control.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en la etapa comprendida entre los meses de enero a abril de 2016, durante el período seco de la campaña de Control Integral de Arvenses (CIM). El estudio fue conducido en áreas de producción comercial de la Unidad Básica de Producción Cañera “Vitalio Acuña” perteneciente a la Unidad Empresarial de Base “Dos Ríos” de la provincia Santiago de Cuba en el campo 8 del bloque 323, con la cepa “cuarto retoño”. El área fue de 17,35 ha, cosechada a máquina con un rendimiento de 47 t ha<sup>-1</sup>.

Se utilizó el cultivar C86-12 sobre un suelo Pardo con carbonatos típico. Las arvenses predominantes en el área evaluada aparecen en

la Tabla 1, y fueron tomadas de las encuestas de identificación de arvenses realizadas por el Servicio de Control Integral de Malezas (SERCIM), en el 2016.

Se estudiaron cuatro sistemas de manejo de arvenses (Tabla 2) sobre un diseño en franjas con tres réplicas, cada franja de siete surcos (un área de 2,52 ha).

La técnica de aplicación para los sistemas de manejo donde se aplicó herbicida fue la asperjadora Unegreen de 800 L de capacidad, usando boquillas de abanico plano, color azul, modelo 03 F 1101, con un gasto de 0,98 L min<sup>-1</sup> a una presión de 2 bar y solución final calibrada de 210 L ha<sup>-1</sup>. El sistema de manejo Químico/Mecánico se realizó a la banda de 1 m de ancho sobre las hileras, mientras que el desyerbe al cultivo con el sistema de manejo Mecánico fue realizado a los 22 días después del corte. Se utilizó el cultivador con rejas de cincel que cubre un ancho de trabajo de 3,2 m.

Se determinó la cobertura de arvenses a los 30, 60 y 90 días después de realizado cada uno de los sistemas de manejos según la

**Tabla 1.** Arvenses predominantes en el área de estudio

Nombre científico	Nombre común
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Yerba fina
<i>Dichanthium annulatum</i> (Forsk.)	Jiribilla pitilla
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Don Carlos
<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton	Zancaraña
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cebolleta
<i>Ipomoea trifida</i> (Kunth)	Bejuco aguinaldo

**Tabla 2.** Caracterización de los tratamientos evaluados

No	Sistema de Manejo	Descripción
1	Químico	Aplicación total de Herbicida
2	Mecánico	Cultivo mecánico de desyerbe
3	Químico/Mecánico	Aplicación en banda de 1 m sobre la hilera
4	Cultural	Cobertura inalterada de residuo

metodología propuesta por Fischer (1975).

### Carga contaminante a la atmósfera

Para determinar esta contaminación se parte del principio de funcionamiento del motor de combustión interna donde, al quemarse 1 kg de combustible diésel, si la combustión es completa, la atmósfera recibirá una contaminación expresada en kilogramos de gases contaminantes por hectárea (Mordejovich, 1996). El proceso de evaluación de la carga contaminante se ejecutó después de realizada las labores en cada sistema de manejo, utilizando la siguiente fórmula:

$$Gt = (1 + aI_0) \times nC \quad (1)$$

•Gt - carga contaminante que genera el combustible diésel quemado para ejecutar el sistema ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

•A - coeficiente de llenado, para el combustible diésel se consideró 1,40

• $I_0$  - cantidad de aire necesario para quemar 1 kg de combustible: 15,10 kg

•nC - cantidad de kilogramos de combustible consumido por hectárea en cada sistema

### Valoración económica

Para realizar la valoración económica se determinó el costo total (CT) de cada sistema en el manejo de arvenses según los gastos, teniendo en cuenta salarios, precio de los diferentes herbicidas y costo del combustible. Con el rendimiento agrícola y el precio de venta de la tonelada de caña se obtuvo el ingreso por venta (IV).

$$\text{Utilidades} = IV - CT \text{ CUP ha}^{-1} \quad (2)$$

CUP (unidad monetaria cubana)

### Procesamiento estadístico de los datos

Los resultados del porcentaje de control en las diferentes variantes, los datos fueron transformados empleando la fórmula propuesta por (Lerch, 1977), los que fueron

procesados mediante un análisis de varianza. Para la comparación de las medias, se realizó la prueba de Tukey al 0,05 % de probabilidad de error. Se utilizó el paquete estadístico Statistica Ver. 8 para Windows.

$$x = 2 \arcsin \sqrt{p} \quad (3)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje de cobertura de arvenses

En las diferentes evaluaciones realizadas se comprobó que cada sistema de manejo fue efectivo en el control de las arvenses predominantes con diferencias significativas entre ellos. A los 90 días los menores porcentaje se obtuvieron en el sistema de manejo Cultural (Cobertura inalterada de residuo) y Químico/Mecánico (aplicación en banda) que superan con diferencias significativas los sistemas de manejo Químico y Mecánico (Tabla 3).

Requejo (2014) al estudiar tres métodos de control de malezas (Manual, Mecánico y Químico) en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.) demostró que los métodos reducen la infestación a un determinado nivel y resultan efectivos, técnica y económicamente, a los pequeños agricultores. Igualmente, Díaz (2005) refiere que existe buen control de arvenses cuando se utilizan diferentes métodos de control, aunque la integración de ellos como un control integrado es lo más efectivo al reducir significativamente la infestación de malezas.

En Tucumán, para el manejo de malezas en caña de azúcar se utilizan los métodos mecánicos y químicos, los que deben ser efectuados durante el período en que la caña de azúcar no puede competir eficientemente con arvenses que comienzan antes de la brotación de la caña y culminan con el cierre del cañaveral (Olea *et al.*, 2019).

De igual manera, Martínez *et al.* (2014) al caracterizar los métodos empleados en el control de malezas por los productores en el Complejo Agroindustrial de Derivados de la Caña de Azúcar "General Antonio Nicolás Briceño", del Estado Trujillo, República

**Tabla 3.** Cobertura total de arvenses a los 30, 60 y 90 días después de la aplicación

No.	Sistema de Manejo	Cobertura de arvenses (%)		
		30	60	90
1	Químico	0,5 b	2,9 c	5 c
2	Mecánico	0 a	3,5 d	6,6 d
3	Químico/Mecánico	0 a	2,1 b	3,4 b
4	Cultural	0 a	1,5 a	2,9 a
	Error Standard	0,48	0,42	0,61
	Coefficiente de Variación (%)	1,90	1,83	2,71

Bolivariana de Venezuela, definieron que es necesario aplicar varios métodos que van desde la limpia manual y mecánica, el empleo de herbicidas, hasta los agrotécnicos.

El uso de coberturas para el control de arvenses en plantaciones de Teca es una práctica que genera aportes positivos al suelo que pueden verse reflejados en el crecimiento del cultivo, además, disminuyen el riesgo a incendios, ataque de plagas y/o enfermedades, y reemplazan o disminuyen el uso de herbicidas y agroquímicos. No es una práctica muy utilizada dentro del sector forestal, las investigaciones van más dirigidas dentro de producciones agrícolas como los granos y tubérculos (Hernández, 2017).

Para controlar malezas en banano se aplican los métodos cultural, mecánico y químico. Las condicionantes impuestas por normas del comercio internacional de productos agrícolas ha obligado al uso de otras prácticas como es el uso de cubiertas sobre el suelo durante el desarrollo del cultivo, utilizando restos de cosecha que han sido establecidas con relativo éxito en algunas plantaciones (Quintero, 2015).

### Carga contaminante

Cuando se analizó la carga contaminante a la atmósfera de cada sistema de manejo se

comprobó que el sistema mecánico fue el de mayor emisión de gases contaminantes por hectárea, seguido del sistema químico/mecánico. El sistema cultural no presenta gases contaminantes ya que no utiliza combustible en su ejecución (Tabla 4).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Viera (2015a) en la provincia de Las Tunas al conducir estudios sobre evaluación de tecnologías de manejo de arvenses, donde los valores de carga contaminante más elevados se obtuvieron en los sistemas donde se consume mayor cantidad de combustible.

Las cargas contaminantes que se obtuvieron en las diferentes tecnologías de manejo presentaron diferencias significativas entre ellas, con los mayores valores en las tecnologías que dependen directamente del consumo de combustible. Los menores valores se alcanzaron en las tecnologías de manejo de arvenses, donde no se emplearon tractores en labores de cultivo y en aquellas donde tuvieron menos intervenciones. Las cargas contaminantes no fueron mayores, debido a que se emplearon tractores ligeros de bajo consumo de combustible y los mismos se encontraban en buen estado técnico (Viera, 2015b).

En México, el consumo anual de diésel del sector agrícola es mayor en Tamaulipas, estado

**Tabla 4.** Carga contaminante a la atmósfera (CC), según sistemas de manejo

No.	Sistema de Manejo	CC (kg ha <sup>-1</sup> )
1	Químico	86,35 b
2	Mecánico	99,19 d
3	Químico/Mecánico	91,22 c
4	Cultural	0,0 a
	Coefficiente de variación (%)	60,70
	Error Standard	12,12



fronterizo que alberga la mayor extensión de tierras agrícolas y, por ende, la utilización de mayor cantidad de equipos agrícolas; a su vez, mayor emisión anual en toneladas por año para los contaminantes (México, 2015).

Al evaluar diferentes tecnologías de labranza-siembra en la provincia de La Habana, en el cultivo del frijol, se obtuvieron valores de carga contaminante de gases que oscilaron entre 515 a 983 kg ha<sup>-1</sup> (Ponce *et al.*, 2008). Sin embargo, los valores reportados por estos autores son inferiores a los obtenidos en esta investigación. Esto se debe fundamentalmente a que el cultivo del frijol es de ciclo corto, por lo que lleva menor cantidad de labores fitotécnicas y la cosecha es más sencilla respecto al cultivo de la caña de azúcar, también emplearon algunas prácticas agrotécnicas sin consumo de diésel, como labores con tracción animal y la siembra manual.

### Valoración económica

En la investigación realizada el sistema de manejo químico generó mayores gastos dada la cantidad y precio del producto aplicado (Tabla 5). El sistema de manejo cultural no tuvo gastos financieros ya que no se utiliza combustible, herbicida, ni salarios.

Los ingresos por venta dependieron directamente del rendimiento agrícola. El precio de venta de la tonelada de caña fue de 140.00 CUP. Las mayores utilidades se alcanzaron con el sistema de manejo cultural seguido del sistema de manejo Químico/

Mecánico (Tabla 6).

Al realizar un análisis de los costos por hectárea por día limpio se comprobó que el mejor sistema de manejo fue el cultural sin gastos económicos, seguido del sistema de manejo Químico/Mecánico con un costo de 0,31 CUP ha<sup>-1</sup>. Se muestra la estrecha relación entre el beneficio y el costo, siendo indispensable para determinar el beneficio económico del estudio realizado. En general puede afirmarse que el resultado económico obtenido justifica la utilización de los tratamientos 4 y 3 como alternativa factible para lograr un buen control de las malezas y como consecuencia el aumento de los rendimientos de la caña de azúcar (Tabla 7).

La existencia de la cobertura de paja durante la etapa de retoño contribuyó al control de las arvenses y evitó la realización de otras labores de cultivo, con las ventajas económicas y ecológicas que esto conlleva. Mantener esta cobertura sobre el suelo forma parte de los métodos agrotécnicos que se deben aplicar dentro del manejo integrado de arvenses (Viera, 2015a).

### CONCLUSIONES

El sistema de manejo de arvenses que tuvo el mejor comportamiento integral, desde el punto de vista de control, ambiental y económico, fue el Cultural.

**Tabla 5.** Gastos por sistemas de control de arvenses (CUP ha<sup>-1</sup>)

No.	Sistema de Manejo	Combustible	Salarios	Herbicida	Costo total
1	Químico	8,96	9,17	33,13	51,26
2	Mecánico	7,8	11,82	0,0	19,62
3	Químico/Mecánico	8,23	8,86	20,58	37,67
4	Cultural	0,0	0,0	0,0	0

**Tabla 6.** Valoración económica (CUP ha<sup>-1</sup>)

No.	Sistema de Manejo	Costo Total	Ingresos por venta	Utilidades
1	Químico	51,26	6300	6248,7
2	Mecánico	19,62	5880	5860,4
3	Químico/Mecánico	37,67	6580	6542,3
4	Cultural	0	6580	6580,0

**Tabla 7.** Costo por hectárea por día limpio, según sistema de manejo

No.	Sistema de Manejo	Costo por hectárea (CUP)	Días limpios	Costo por hectárea por día limpio (CUP)
1	Químico	51,26	100	0,51
2	Mecánico	19,62	50	0,39
3	Químico/Mecánico	37,67	120	0,31
4	Cultural	0	120	0,00

## BIBLIOGRAFÍA

- ALTIERI, M. 2011. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Capítulo VIII. Agricultura orgánica. Disponible en: <http://medioambientaldia.blogspot.com/2011/09/agroecología-bases-científicas> consultado el 10/09/2014.
- BARRERA, M., PEÑA, L., MATOS, J., *et al.* 2014. ¿Será la encuesta de arvenses una herramienta para las recomendaciones del Servicio de Control Integral de Arvenses? *Revista Cuba & Caña*, (1): 61-64.
- DE PRADO, R. 2001. Uso de herbicidas en la agricultura del siglo XXI. Departamento de Química Agrícola y Edafología, ETSIAM, Universidad de Córdoba, España, 684 p.
- DÍAZ, J.C. 2005. Manejo Integrado de Malezas en cultivos económicos principales. Memorias XVII Congreso ALAM, Cuba, pp. 153-166.
- HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, P. 2017. Efecto de diferentes métodos de control de arvenses en las propiedades del suelo, en plantaciones de teca, *Tectona grandis* (L.f.). Tesis de Licenciatura, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 30 p.
- FISCHER, F. 1975. Comparación de dos métodos de evaluación para determinar el grado de efectividad herbicida. *Rev. Agric.*, 8 (1): 70-80.
- FUNES-MONZOTE, F. R. 2009. Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba. Estación Experimental Indio Hatuey, Matanzas, Cuba, 176 p.
- LERCH, G. 1977. La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. Editorial Científico Técnica, La Habana, Cuba, 452 p.
- MARTÍNEZ, R., SOLÍS, A., ESCALONA, L., *et al.* 2014. Caracterización de los métodos de control de las arvenses en el Complejo Agroindustrial de Derivados de la Caña de Azúcar "General Antonio Nicolás Briceño", Estado Trujillo, República Bolivariana de Venezuela. *Cuba & Caña*, (2): 54-60.
- MÉXICO. 2015. Inventario de emisiones. En Fuentes móviles que no circulan por las carreteras. Pág. 63-70. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/458/fuentesmoviles.pdf> Consultado el 12/12/2018.
- MORDUJÓVICH, M. M. 1996. Fundamentos termodinámicos y funcionamiento del motor diésel del tractor. Manual de motores Diésel para tractores. 1a Ed. Moscú, Rusia, Editorial MIR, 685 p.
- OLEA, I., SABATÉ, S., VINCIGUERRA, H. y ROMERO, E. 2019. Criterios Generales para el Manejo de malezas en caña de azúcar en Tucumán. Capítulo 9. En: Manual del Cañero. Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar/upload/publicaciones/archivos/60/20120305141741000000.pdf> Consultado el 31/01/2019, p 101-107.

- PONCE, F., ÁLVAREZ, E., GONZALEZ, Y. y HERNANDEZ, J. I. 2008. Influencia de las tecnologías de labranza y siembra sobre los costos energéticos y de explotación de la técnica empleada y la contaminación del aire en el cultivo del frijol. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17 (4): 13-18.
- QUINTERO, I. 2015. Panorama del manejo de malezas en cultivos de banano en el departamento de Magdalena, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9 (2): 329-340.
- REQUEJO, L. 2014. Comparación de tres métodos de control de malezas (Manual, Mecánico y Químico) en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tulumayo. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú, 96 p.
- VARONA-URIBE, M. 2012. Impacto en la salud y el medio ambiente por exposición a plaguicidas e implementación de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de tomate. *Rev. Chil Salud Pública*, 16 (2): 96 -106.
- VIERA, F. 2015a. Evaluación de tecnologías de manejo de arvenses en el cultivo de la Caña de Azúcar. Tesis presentada para optar al grado de Doctor, Universidad Politécnica de Madrid, España, Disponible en: [http://oa.upm.es/38571/1/FRANK\\_JORGE\\_VIERA\\_BARCELO.pdf](http://oa.upm.es/38571/1/FRANK_JORGE_VIERA_BARCELO.pdf)
- VIERA, F. 2015b. Evaluación económica, energética y ambiental de tecnologías de manejo de arvenses en el cultivo de la Caña de Azúcar (*Saccharum* spp. Híbrido). *Cultivos Tropicales*, 36 (4): 86-93.
- 

**Recibido el 20 de noviembre de 2018 y Aceptado el 12 de marzo de 2019**