

# Control foliar de arvenses con sustancias alternativas a los herbicidas de síntesis

Inoel García-Ruiz<sup>1\*</sup>, Irenaldo Delgado-Mora<sup>1</sup>, Duvier Gil-González<sup>1</sup>, Erenio González-Suárez<sup>2</sup> y Yordanis Benítez-Trujillo<sup>1</sup>

1. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro Villa Clara.

Autopista Nacional, km 246, Ranchuelo. Villa Clara, Cuba.

2. Universidad Central Marta Abreu, Las Villas. Carretera Camajuaní, km 5. Santa Clara, Cuba.

\* [inoel.garcia@inicavc.azcuba.cu](mailto:inoel.garcia@inicavc.azcuba.cu)

## RESUMEN

Los herbicidas de síntesis son muy atractivos porque son efectivos en variadas condiciones de suelo, clima y desarrollo fenológico de los cultivos, lo que conlleva al aumento sostenido de su consumo y los riesgos de contaminación ambiental. El objetivo de la investigación es evaluar el control foliar de arvenses con sustancias alternativas a los herbicidas de síntesis en caña de azúcar. Se realizaron tres experimentos con el hipoclorito de sodio, como sustancia básica y los resultados demuestran que la mezcla de hipoclorito de sodio (4.47 % de cloro), vinagre (3 % de ácido acético), solución acuosa de ácido fosfórico (28.3 %) y jabón líquido a 50, 33 y 5 L ha<sup>-1</sup> p.c. (2.25; 1.00 y 1.42 L ha<sup>-1</sup> i.a), respectivamente, más 2 L ha<sup>-1</sup> p.c. de jabón líquido, alcanzó 81 % de control de un conglomerado de especies de arvenses mono y dicotiledóneas, a los 15 días de la aplicación y fitotoxicidad entre 12 y 50 % de clorosis fuerte o necrosis, al follaje de la caña de azúcar. Sin embargo, debido al riesgo para las personas, por los vapores del hipoclorito de sodio no se aconseja su aplicación en áreas extensivas, hasta tanto nuevas investigaciones demuestren la reducción del riesgo a niveles no peligrosos.

**Palabras clave:** hipoclorito de sodio, jabón líquido, surfactantes, vinagre.

## ABSTRACT

Synthetic herbicides are very attractive because they are effective in various conditions of soil, climate and phenological development of crops, which leads to a sustained increase in consumption and risks of environmental contamination. The objective of the research was to evaluate the foliar control of weeds with alternative substances to synthetic herbicides in sugar cane. Three experiments were carried out with sodium hypochlorite as the basic substance and the results show that the mixture of sodium hypochlorite (4.47 % chlorine), vinegar (3 % acetic acid), aqueous phosphoric acid solution (28.3 %) and soap liquid at 50, 33 and 5 L ha<sup>-1</sup> pc (2.25, 1.00 and 1.42 L ha<sup>-1</sup> i.a), respectively, plus 2 L ha<sup>-1</sup> p.c. of liquid soap, reached 81% control of a conglomerate of species of mono and dicotyledonous weeds 15 days after application and phytotoxicity between 12 and 50 % of chlorosis or necrosis to the sugarcane foliage. However, due to the risk to people from sodium hypochlorite vapors, its application in extensive areas is not recommended, until new research shows the risk reduction to non-dangerous levels.

**Key words:** sodium hypochlorite, liquid soap, surfactants, vinegar.

## INTRODUCCIÓN

Los herbicidas de síntesis son la principal opción para el control de arvenses en el mundo, muy efectivos contra diversas especies en cualquier etapa de desarrollo de disímiles cultivos, con alta productividad y bajo costo por día limpio y esto favorece el incremento de su consumo. Sin embargo;

como toda aplicación de herbicida, impacta de forma negativa en el ambiente, ya sea por la eliminación de especies no blanco, por los riesgos de contaminación de ecosistemas acuáticos o, al crear resistencia a herbicidas aplicados a las arvenses, de forma reiterada (1); de ahí la necesidad de desarrollar alternativas para disminuir los riesgos de contaminación ambiental.

En los sistemas de producción orgánica no se admite el empleo de herbicidas de síntesis, las plantas de cobertura son una opción para controlar las arvenses; sin embargo, esta alternativa requiere de la aplicación de alguna sustancia natural de efecto desecante, en sustitución de los herbicidas de contacto, utilizados en los sistemas convencionales de producción (2).

El desarrollo de la ciencia propicia la constante creación de innumerables productos, con la intención de satisfacer las crecientes necesidades de confort, en la vida cotidiana de las personas, que no excluye la posibilidad de que algunas de esas sustancias solas o mezcladas tengan algún desempeño como herbicida o coadyuvante. En este sentido, (3) especifica que la acción herbicida de toda sustancia aplicada sobre los órganos aéreos de las plantas, está sujeta a dos procesos básicos que definen su entrada a la planta: la retención por las hojas y otras estructuras aéreas y la penetración al interior de las células, para lo cual, el herbicida debe pasar a través de ciertas barreras como la cutícula, con sus capas de cera, cutina y pectinas, así como la pared celular y la membrana plasmática de la célula.

Los herbicidas de síntesis contienen principios activos y otras sustancias coadyuvantes o mejoradoras de su desempeño en el control de las arvenses, entre los cuales están los detergentes que actúan como hipotensores y facilitadores del mojado de la superficie vegetal. Un surfactante es una sustancia capaz de disminuir la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases y en este sentido, los detergentes actúan como surfactantes porque disminuyen la tensión superficial (4), lo que conduce a pensar que los jabones domésticos pueden sustituir los surfactantes de síntesis, particularmente para mejorar el control de arvenses de sustancias no herbicidas.

El objetivo de la investigación fue evaluar el control foliar de arvenses con sustancias alternativas a los herbicidas de síntesis en caña de azúcar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro Villa Clara (22° 24h 37m N y 80° 10h 07m W), a 125 msnm, municipio de Ranchuelo, provincia de Villa Clara, Cuba. Se utilizó una estrategia de investigación experimental planificada, fundamentada en que “los necesarios riesgos que implica el desarrollo competitivo pueden minimizarse mediante el estudio de las diferentes manifestaciones de la incertidumbre, empleando los métodos de planificación experimental como herramientas para el desarrollo de la gestión del conocimiento” (5).

Se realizaron dos experimentos en parcelas de campo y otro en macetas entre los meses de junio y septiembre del año 2020. Los dos primeros se realizaron en parcelas de campo de 8 m<sup>2</sup> de superficie, distribuidas en un diseño completamente aleatorizado con tres réplicas, en una matriz de retoño de caña de azúcar, con tallos de aproximadamente 80 cm de longitud hasta la punta de las hojas. Las especies de arvenses predominantes eran *Rhynchosia minima* L. DC., *Vigna vexillata* L. A. Rich., *Ipomoea* sp., *Cynodon dactylon* L. Pers. y *Macroptilium lathiroides* (L.) Urb., todas en etapa de desarrollo avanzado y estado fisiológico activo, propiciado por los 4.64 y 6.29 mm de precipitaciones promedio diario en los experimentos I y II, respectivamente.

En el experimento I se probaron sustancias de diversa procedencia para determinar su acción herbicida y descartar aquellas con escaso efecto de control de arvenses o ninguno.

Las sustancias principales (SP) estudiadas fueron hipoclorito de sodio (HI) con 4.47 % de cloro, vinagre (VN) producido a partir de guarapo de caña de azúcar con 3 % de ácido acético, ácido

acético (AA) de laboratorio a 100 % de concentración, agua de mar (AM) con 36 g de sal por litro y solución salina (SS) a 10 % de concentración de NaCl y, como sustancias acompañantes (SA) en las mezclas para conformar los tratamientos, el agua de mar (AM) con 36 g de sal por litro, mucílago de guásima (*Guazuma ulmifolia* Lam.) (MG), obtenido a partir de tres fracciones de 10 cm de longitud de una rama de 3 cm de grueso, cuya cáscara junto a las fracciones de ramas descascaradas, se maceraron en un litro de agua durante 48 horas y miel de purga (MP) en solución acuosa al 2 %.

Además, se probaron dos compuestos químicos insolubles en agua, aportados por el Centro de Bioactivos Químicos (CBQ), de la Universidad Central Marta Abreu, de Las Villas. Uno de los productos es el licor de síntesis (Licor), extraído a las 3 horas de la reacción química para producir G-0 y cuya composición era G-0, furfural, nitrometano y etanol. El otro producto fue el residual líquido del proceso de síntesis (PIC), compuesto por etanol, nitrometano, furfural y pequeñas concentraciones de G-0.

Con todas las sustancias mencionadas se concibieron 20 tratamientos (tabla 1) basada en una solución de 80 % de la SP y 20 % de la SA, excepto los dos productos del CBQ que, primero fueron disueltas en alcohol etílico hasta obtener soluciones alcohólicas al 50 % de concentración y, después, disueltas en agua, a partes iguales, para lograr sendos caldos de aplicación a 25 %. Además, se incluyó un control absoluto (CA), con fines de comparación.

**Tabla 1.** Tratamientos experimento I

No.	Tratamientos	Concentración (%)		No.	Tratamientos	Concentración (%)	
		SP	SA			SP	SA
1	CA	-	-	11	AM	100	-
2	HI	100	-	12	AM+MP	80	20
3	HI+SS	80	20	13	AM+MG	80	20
4	HI+AM	80	20	14	SS	100	-
5	VN	100	-	15	SS+MP	80	20
6	VN+MP	80	20	16	SS+MG	80	20
7	VN+MG	80	20	17	VN+AM+MP	80	10, 10
8	AA	100	-	18	VN+AM+MG	80	10, 10
9	AA+MP	80	20	19	PIC	50	-
10	AA+MG	80	20	20	Licor	50	-

CA: Control absoluto, HI: hipoclorito de sodio (4.47 %) SS: Solución salina (10 %), AM: Agua de mar, VN: vinagre (3 %), MP: Solución acuosa de miel de purga (2 %), MG: Mucílago de guásima, AA: Ácido acético (100 %), PIC y Licor: soluciones alcohólicas (25 %) de sustancias extraídas durante la producción del fungicida G-0.

En el experimento II, los tratamientos se conformaron con el hipoclorito de sodio (HI) a 4.47 % de concentración de cloro, como sustancia principal (SP), que se aplicó puro y a diferentes concentraciones, al mezclarlo con las sustancias acompañantes (SA): agua común (AC), vinagre (VN), solución salina al 10 % de NaCl (SS), mucílago de guásima (*Guazuma ulmifolia* Lam.) (MG), obtenido a partir de tres fracciones de 10 cm de longitud, de una rama de 3 cm de grueso, cuya cáscara junto a las fracciones de ramas descascaradas, se maceraron en un litro de agua durante 48 horas, así como miel de purga (MP) en solución acuosa al 10 y 20 %. Además, se incluyó un control absoluto (CA) y el referente estándar (RE) de Lifeline CS 28 a 1.1 L ha<sup>-1</sup> + solución acuosa de ácido fosfórico al 28.3 % (tabla 2).

Tabla 2. Tratamientos experimento II

No.	Tratamientos	Concentración (%)		No.	Tratamientos	Concentración (%)	
		SP	SA			SP	SA
1	CA	-	-	13	HI+SS	50	50
2	RE	-	-	14	HI+SS	25	75
3	HI	100	-	15	HI+VN+AC	33	33, 33
4	VN	100	-	16	HI+VN+SS	33	33, 33
5	SS	100	-	17	HI+VN+MP	33	33, 33
6	HI+AC	75	25	18	HI+VN+MG	33	33, 33
7	HI+AC	50	50	19	HI+VN+AC+MP	25	25,25,25
8	HI+AC	25	75	20	HI+VN+ AC+MG	25	25,25,25
9	HI+VN	75	25	21	HI+VN+SS+MP	25	25,25,25
10	HI+VN	50	50	22	HI+VN+SS+MG	25	25,25,25
11	HI+VN	25	75	23	MP	10	-
12	HI+SS	75	25	24	MP	20	-

CA: Control absoluto, RE: control de referencia con herbicida de síntesis Lifeline CS 28 acidificado con ácido fosfórico (28.3 %), HI: hipoclorito de sodio (4.47 %), VN: vinagre (3 %), SS: Solución salina (10 %), AC: agua común, MG: Mucílago de guásima MP: Solución acuosa de miel de purga).

El experimento III se realizó en macetas de 4500 cm<sup>3</sup> de volumen, 5 réplicas y riego tres veces a la semana, con un litro de agua por maceta. La cantidad de producto a aplicar por tratamiento se calculó sobre la base de una aplicación a toda el área (L ha<sup>-1</sup>) y no en términos de concentración, como en los ensayos I y II. El hipoclorito de sodio (HI) con 4.47 % de cloro se mantuvo como producto base, además del vinagre (VN), ácido fosfórico a 28.3 % (AF) y jabón líquido (JL), así como el control absoluto y Lifeline CS 28 + AF SA 28.3 % a 1.1 + 0.2 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente, con los cuales se conformaron 8 tratamientos (tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos experimento III

No.	Tratamientos	Dosis (L ha <sup>-1</sup> )	
		p.c.	i.a.
1	Control absoluto	-	-
2	Lifeline CS 28 + AF	1.1+0.2	0.31+0.06
3	HI + VN +AF	10+10+0.2	0.45+0.30+0.06
4	HI + VN +AF	50+33+5	2.24+1.00+1.42
5	HI + VN + AF + JL	10+10+0.2+1	0.45+0.30+0.06+1
6	HI + VN + AF + JL	50+33+5+1	2.24+1.00+1.42+1
7	HI + VN + AF + JL	10+10+0.2+2	0.45+0.30+0.06+2
8	HI + VN + AF + JL	50+33+5+2	2.24+1.00+1.42+2

HI: hipoclorito de sodio(4.47 %), VN: vinagre(3 %), AF: solución acuosa de ácido fosfórico(28.3 %) JL: jabón líquido comercial.

Las especies de arvenses predominantes en el momento de la aplicación eran *Croton lobatus* L., *Rhynchosia minima* (L.) DC., *Chamaesyce hyssopifolia* (L.) Small., *Acalypha alopecuroides* Jacq., *Sida acuta* Burm. f. y *Leptochloa panicea* (Retz.) Ohwi, con tamaño promedio de 15 cm.

Los tratamientos en los tres ensayos se aplicaron con mochila manual de 16 L de capacidad, boquilla deflectora DT-3.0, gasto de 1.458 L min<sup>-1</sup>, a presión de 1 bar, ancho de trabajo de 1.60 m y solución final de 200 L ha<sup>-1</sup>. Durante la aplicación de los tratamientos en los experimentos I y II, de forma intencionada se asperjó el follaje de la caña de azúcar en una longitud de surco de 100 cm, para comprobar su agresividad al cultivo. El control de las arvenses en los tres ensayos se estimó periódicamente de forma visual (6), donde 0 % equivale a cero síntomas de control y 100 % a la planta muerta, en comparación con el control absoluto. En iguales momentos y en los ensayos I y II se evaluó la fitotoxicidad a la caña de azúcar por la escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigaciones de Malezas (7).

### Procesamiento de los datos

Los datos de porcentaje de control de arvenses, por parcelas, se procesaron con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, con el programa InfoStat 1.2, para un valor de referencia  $p < 0.05$  para asumir la diferencia significativa entre los tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el experimento I, el HI comercial a 4.47 % de cloro, aplicado puro alcanzó 60 % de control a los 10 días de la aplicación, efectividad que se redujo hasta 50 y 35 % a los 15 y 25 días, respectivamente. Las mezclas de HI con solución salina (SS) o agua de mar (AM) fueron menos efectivas porque disminuyó la concentración de HI en el caldo de aplicación. El hipoclorito de sodio causó fitotoxicidad entre 4 y 7 grados a la caña de azúcar, equivalente a clorosis y necrosis entre 12.5 y 50 % del follaje, a los 15 días de la aplicación (tabla 4).

**Tabla 4.** Tratamientos más efectivos de control de arvenses y fitotoxicidad al cultivo

Tratamientos	Concentración (%)	Control (%)				Fitotoxicidad (%)			
		5	10	15	25	5	10	15	25
HI	100	32	60 a	50 a	35 a	4	7	5	4
HI + SS	80 + 20	37	40 ab	30 ab	23 ab	4	7	5	4
HI + AM	80 + 20	23	39 ab	19 bc	13 bc	4	7	5	4
AA	100	14	11 bc	6 c	0 c	0	0	0	0
AA + MP	80 + 20	22	8 bc	4 c	0 c	0	0	0	0
AA + MG	80 + 20	14	6 c	3 c	0 c	0	0	0	0
p valor	-	0.099	0.016	0.018	0.015	-	-	-	-

HI: Hipoclorito de sodio, SS: Solución salina al 10 %, AM: Agua de mar, AA: Ácido acético,

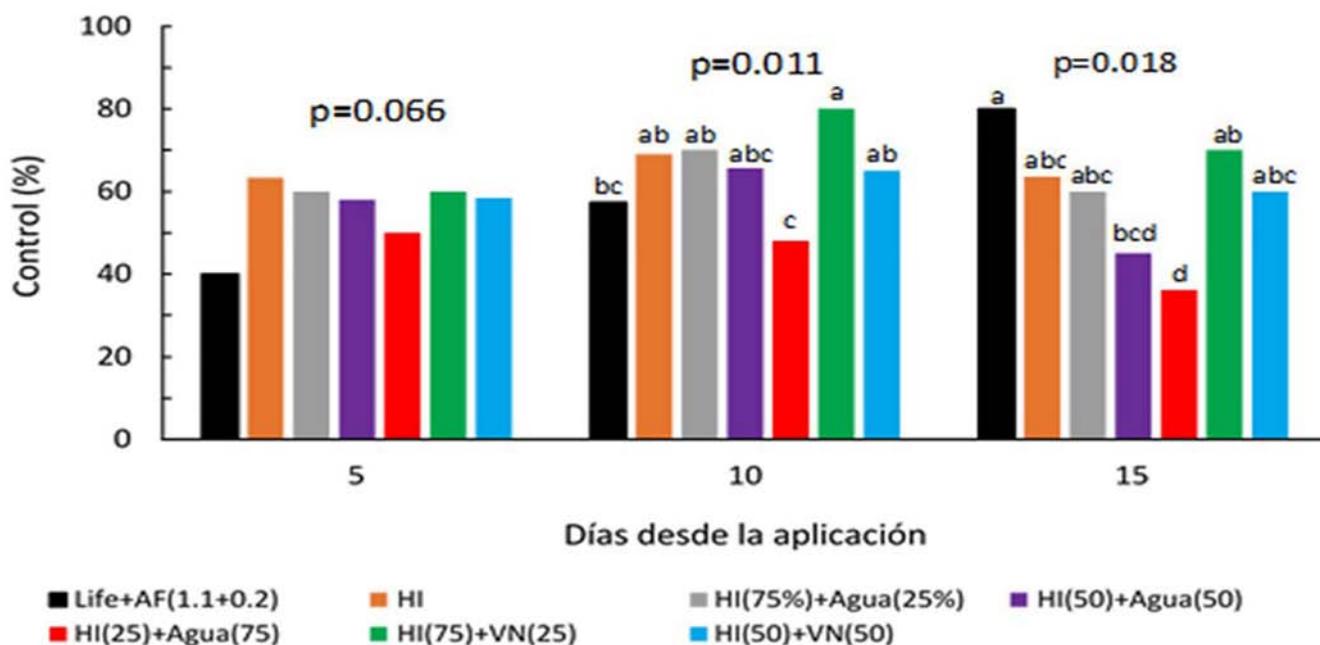
MP: Solución acuosa de miel de purga al 2 %, MG: Mucílago de guásima.

Letras distintas por columnas indican diferencia significativa Kruskal Wallis  $p < 0.05$

El ácido acético (AA) aplicado, solo o en mezcla con solución acuosa de miel de purga al 2 % (MP) o mucílago de guásima (MG), no ejerció efecto de control importante sobre las arvenses ni causaron fitotoxicidad al follaje de la caña de azúcar. Los demás tratamientos estudiados como el VN (3 % de ácido acético), agua de mar (AM) y solución salina (SS) al 10 % de NaCl, aplicados solos o en mezclas con solución acuosa de miel de purga al 2 % (MP) o mucílago de guásima (MG), así como las soluciones alcohólicas de Licor y PIC no fueron efectivos en el control de arvenses.

En el experimento II, el control de arvenses no tuvo diferencia significativa entre tratamientos a los 5 días de la aplicación ( $p=0.066$ ); sin embargo, ya se podían apreciar dos aspectos interesantes: el primero asociado a la pérdida progresiva de la efectividad del HI, al disminuir la concentración de cloro en el caldo de aplicación en las mezclas de 25, 50 y 75 % de agua, en comparación con el producto puro; el segundo aspecto interesante fue el rápido efecto de control de HI que fue superior a Lifeline CS 28, un herbicida sintético de contacto, de muy rápida acción de control de arvenses en caña de azúcar en Cuba.

La mezcla de HI con VN, a proporciones respectivas de 75 y 25 % (HI75+VN25) fue la más efectiva a los 10 días de la aplicación con 80 % de control, pero también la mezcla de HI al 75 % y agua al 25 % (HI75+AC25) alcanzó buen resultado con 70 %, muy similar al HI puro y ligeramente mejor que HI+VN y HI + agua, ambas mezclas a partes iguales de sus componentes (figura 1).



**Figura 1.** Control de arvenses de los tratamientos más efectivos. Letras distintas indican diferencia significativa Kruskal Wallis  $p < 0.05$ . Life+AF: Lifeline CS 28+ácido fosfórico (28.3 %), HI: hipoclorito de sodio (4.47 %), VN: vinagre (3 %).

A los 15 días el tratamiento de HI75+VN25 con 70 % de control se mantenía como la mezcla más efectiva en el control de las arvenses, mientras el estándar de Lifeline CS 28 a 1.1 L ha<sup>-1</sup> + AF SA 28.3 a 0.2 L ha<sup>-1</sup> alcanzaba 80 % de control, la fitotoxicidad fue de grado 7 y 4 con necrosis en el 50 y 20 % del follaje de la caña de azúcar, respectivamente (figuras 2 y 3).

Los resultados de los experimentos I y II demuestran que el HI comercial con una concentración de cloro de 4.47 %, fue la única sustancia que aplicada a 75 y 100 % de concentración, tuvo acción herbicida suficiente para necrosar fundamentalmente, el tejido vegetal de las hojas y lograr control parcial y temporal de las arvenses, muy similar a lo que sucede cuando se aplican herbicidas de síntesis de contacto, en los cuales, luego de un rápido control, ocurre la recuperación de las arvenses. Estos resultados en los que se demuestra la ineficacia para controlar arvenses, con concentraciones del 50 % o inferiores de HI en el caldo de aplicación, sustentan los obtenidos por (8) en México, quienes aplicaron hipoclorito de sodio comercial a concentraciones de 3 y 10 % y no eliminaron la *Tillandsia recurvata* (L.) L., planta epífita que provoca severos daños en diferentes especies arbóreas de importancia forestal en muchos países.

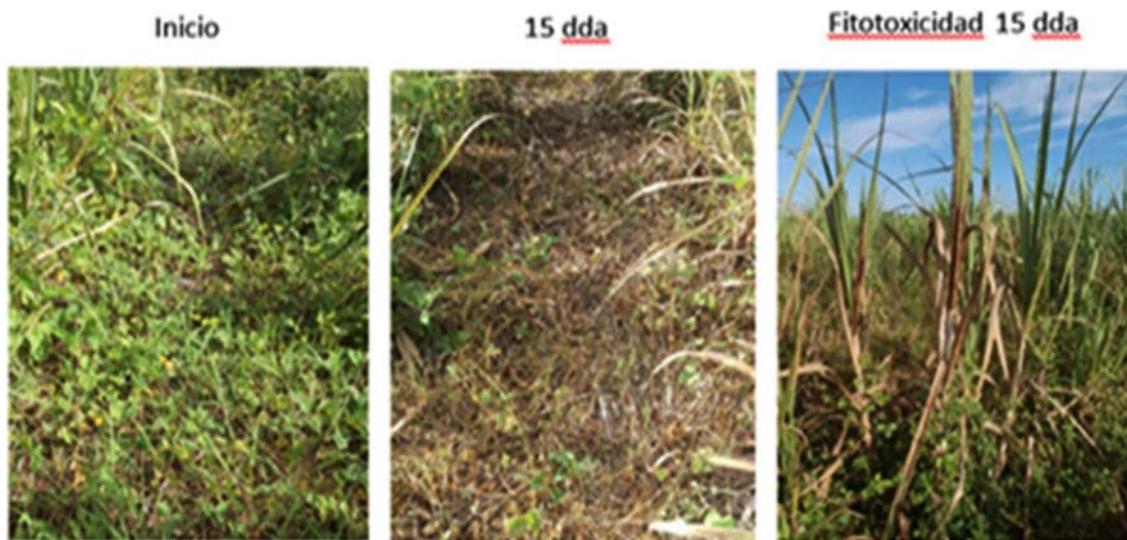


Figura 2. Tratamiento de HI 75 % + VN 25 %.



Figura 3. Tratamiento estándar de Lifeline CS 28 (1.1) + AF SA 28.3 (0.2).

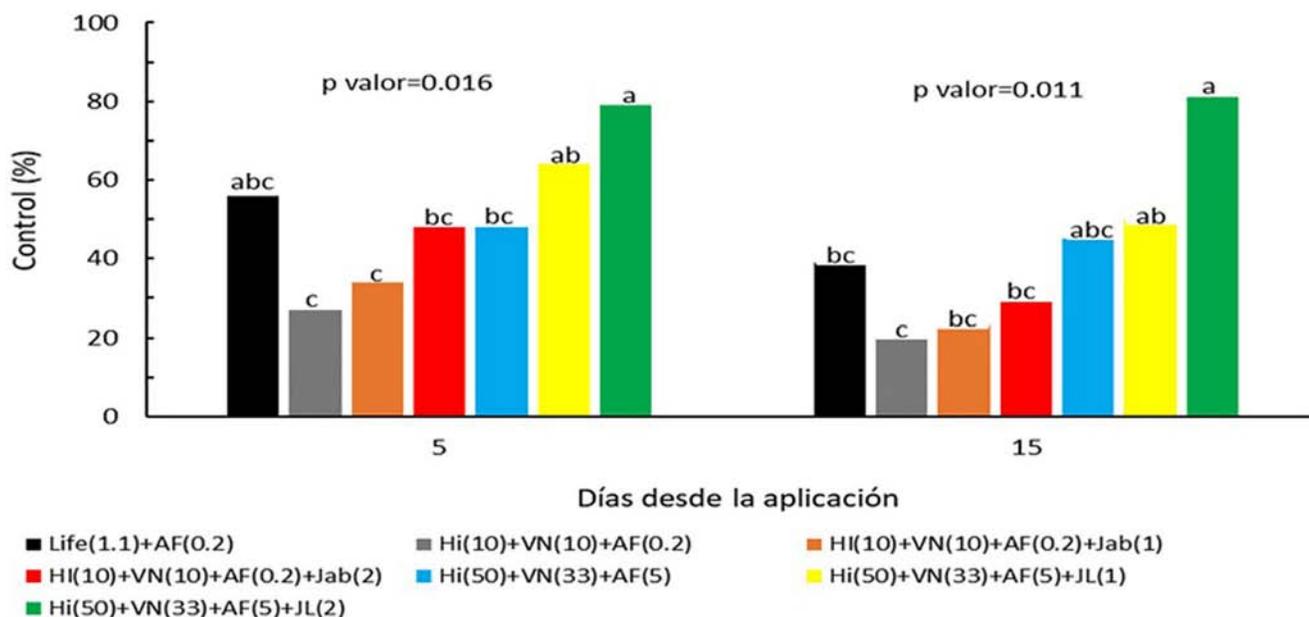
El vinagre aplicado puro no fue efectivo para controlar las arvenses, en ninguno de los dos ensayos e incluso, en los tratamientos en los que fue mezclado con HI, el incremento de la efectividad respecto a la mezcla de HI con agua no superó el 10 % de control. Tal parece que la baja concentración de ácido acético (3 %) del vinagre, utilizado en los experimentos, equivalente a  $6 \text{ L ha}^{-1}$  de ácido acético  $\text{ha}^{-1}$ , no fue suficiente para lograr buena efectividad de control. Resultados similares obtuvieron (9) en plantaciones de la vid en España en las que dosis de 18 y  $36 \text{ L ha}^{-1}$  de ácido acético también fueron insuficientes porque sólo alcanzaron 22 y 44 % de control, respectivamente, de una flora de arvenses con 1 y 4 hojas por planta como promedio. De igual forma (10), en experimentos de campo con tres aplicaciones de vinagre a  $40 \text{ L ha}^{-1}$ , espaciadas cada 15 días, no rebasó el 40 % de control de arvenses de hoja ancha y estrecha.

Por el contrario, (2) obtuvieron controles de 95 % o superiores del follaje de avena negra (*Avena strigosa Schreb.*), utilizada como cultivo de cobertura previo a la siembra de maíz orgánico, con una aplicación de vinagre triple (12.5 % de ácido acético), a dosis extraordinariamente altas de 560 y  $1120 \text{ L ha}^{-1}$ , equivalentes a 70 y  $140 \text{ L ha}^{-1}$  de ácido acético. En consecuencia, una de las formas para lograr controlar las arvenses, con vinagre, es la aplicación de dosis altas, lo cual puede pare-

cer contraproducente en determinados sistemas de producción de grandes extensiones; entonces, mezclarlo con productos más cáusticos pudiera fortalecer la acción quemante del caldo, como demuestran los resultados del experimento II al mezclarlo con HI.

En el experimento III, la mezcla de HI + VN + AF SA 28.3 + JL, a dosis respectivas de 50, 33, 5 y 2 L ha<sup>-1</sup> p.c., (2.25; 1.00 y 1.42 L ha<sup>-1</sup> i.a.), más 2 L ha<sup>-1</sup> p.c. de JL, fue el tratamiento más efectivo en los primeros 15 días (figura 4), con valores cercanos al 80 % de control de *Croton lobatus* L., *Rhynchosia minima* (L.) DC., *Chamaesyce hyssopifolia* (L.) Small., *Acalypha alopecuroides* Jacq., *Sida acuta* Burm. f. y *Leptochloa panicea* (Retz.) Ohwi, con tamaño promedio de 15 cm.

La adición de 2 L ha<sup>-1</sup> de jabón líquido aumentó el control de arvenses en 36 %, respecto al caldo sin detergente líquido y 31 % cuando la dosis bajó a 1 L ha<sup>-1</sup>, lo que demuestra la importancia de agregar sustancias hipotensoras como los jabones domésticos, como una alternativa para disminuir la tensión superficial del caldo de aplicación, aumentar el contacto de las gotas con la superficie foliar y la retención del producto por hoja. La mejora de la efectividad de control a través de la mezcla de varios productos alternativos, coincide con (11), quienes prepararon un caldo a base de zumo de Figue (*Furcraea andina* Trel.) a 66 %, vinagre y cloruro de sodio, ambos a 17 % y lograron niveles de control del 98 % de las arvenses.



**Figura 4.** Control de arvenses por tratamientos, según los días, desde la aplicación.

Letras distintas indican diferencia significativa Kruskal Wallis  $p < 0.05$  Life+AF:

Lifeline CS 28+ácido fosfórico (28.3 %), HI: hipoclorito de sodio (4.47 %),

VN: Vinagre (3 %), JL: Jabón líquido.

La especie monocotiledónea *L. panicea* (Retz.) Ohwi mostró resistencia parcial a HI+VN+AF SA 28.3+JL (50+33+5+2) y a Lifeline CS 28 + AF SA 28.3 (1.1+0.2), aunque en el primero sólo sobrevivieron las plantas de mayor tamaño, en unión de la dicotiledónea *R. mínima* (figura 5).

Observe el buen control de *A. alopecuroides* Jacq y *Sida acuta* Burm. f. y de *R. mínima* < 5 cm, así como el control parcial de *L. panicea* y *R. minima* > de 5 cm de longitud; a diferencia del tratamiento estándar en la que luego de una clorosis fuerte, a los 5 días, la vitalidad tanto de las especies de hoja ancha como estrecha, aumentó notablemente a los 15 días (figura 6).

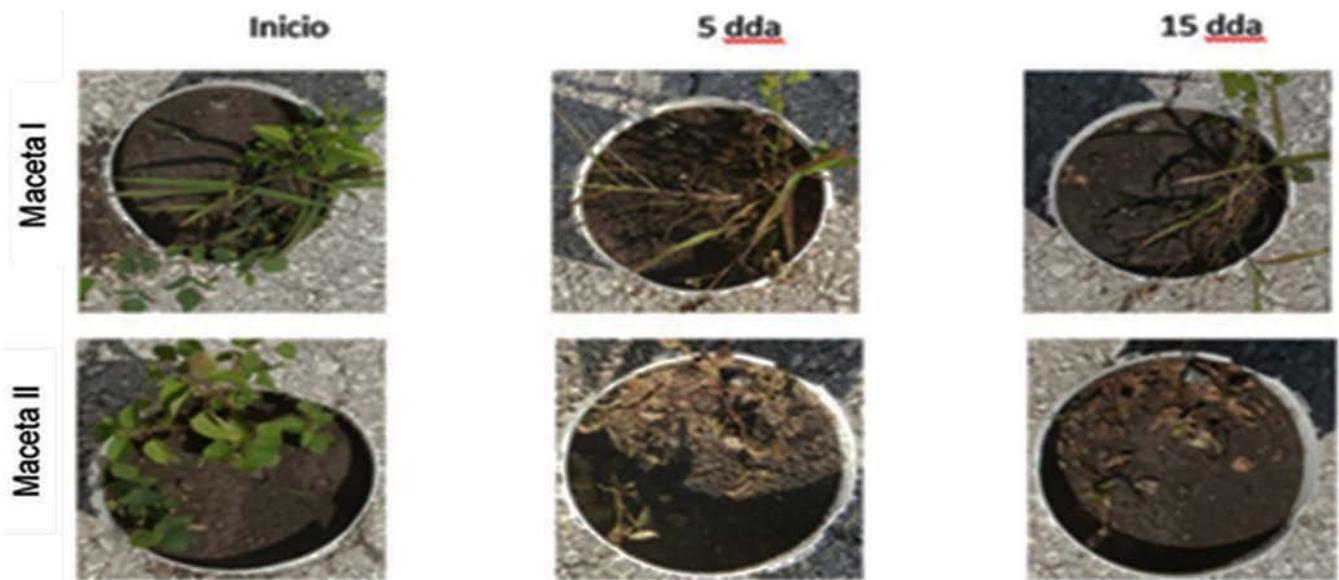


Figura 5. Tratamiento de HI(50) + VN(33) + AF SA 28.3(5) + Jabón líquido(2).

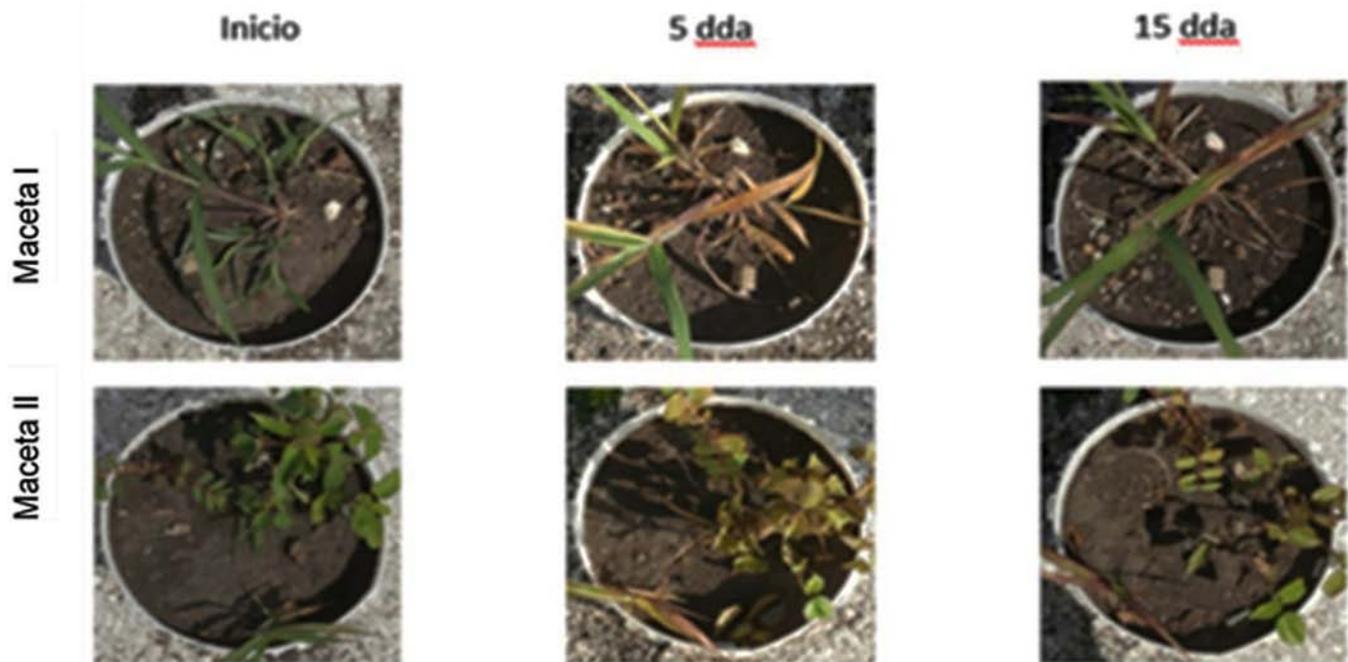


Figura 6. Tratamiento estándar de Lifeline CS 28 (1.1) + AF SA 28.3 (0.2).

Por último, la baja concentración del HI (4.47 %) y del VN (3.0 %) constituye una importante limitación para su aplicación extensiva porque, para conseguir dosis de ingrediente activo letales para las arvenses, son necesarias grandes cantidades de ambos productos comerciales. En el caso específico del HI y VN empleados en los ensayos, la cantidad de producto comercial representa el 42 % de una solución final de 200 L ha<sup>-1</sup>; o sea, casi la mitad del caldo aplicado por jornada son sustancias que requieren su transportación individual, lo que complejiza el proceso e incrementa el costo y el riesgo de inhalación de los vapores de HI. En consecuencia, no es aconsejable utilizar la mezcla de HI+VN+SA AF 28.3+JL en aplicaciones extensivas, hasta que nuevas investigaciones permitan proponer alternativas de manipulación con niveles de riesgo no peligrosos para las personas.

## CONCLUSIONES

- La mezcla de hipoclorito de sodio, vinagre y solución acuosa de ácido fosfórico a dosis de 2.25; 1.00 y 1.42 L ha<sup>-1</sup> i.a., equivalente a 50, 33 y 5 L ha<sup>-1</sup> p.c., respectivamente, más 2 L ha<sup>-1</sup> adicionales de jabón líquido, tuvo similar efectividad en el control de arvenses anuales que el herbicida de síntesis Lifeline CS 28 a 1.1 L ha<sup>-1</sup> acidificado con AF a 0.2 L ha<sup>-1</sup>.
- El tratamiento a base de hipoclorito de sodio, vinagre, solución acuosa de ácido fosfórico y jabón líquido, posee acción herbicida por contacto sobre especies de hoja ancha y estrecha, de tamaño inferior a 15 y 10 cm de longitud, respectivamente.
- El vinagre, solución salina al 10 %, agua de mar y las soluciones alcohólicas al 25 % de los productos Licor y PIC, aplicados solos o mezclados con mucílago de *Guazuma ulmifolia Lam.* o solución acuosa de miel de purga a 2 %, no fueron efectivas en el control de arvenses.
- La baja concentración del hipoclorito de sodio (4.47 %) y vinagre (3 %) requieren elevadas cantidades de ambos productos comerciales, para obtener dosis de ingrediente activo letales para las arvenses, constituye una limitante para su uso en áreas extensivas.
- La manipulación y reacción química del hipoclorito de sodio, vinagre y solución acuosa de ácido fosfórico desprende vapores que pueden afectar la salud humana.

## RECOMENDACIONES

No utilizar la mezcla de hipoclorito de sodio, vinagre, solución acuosa de ácido fosfórico y jabón líquido en aplicaciones extensivas, hasta tanto nuevas investigaciones demuestren la reducción de riesgos a niveles no peligrosos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Reyes G., Chaparro-Giraldo A. y Ávila K. (2010). Efecto ambiental de agroquímicos y maquinaria agrícola en cultivos transgénicos y convencionales de algodón. Efecto ambiental en cultivos transgénicos de algodón. Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XII No. 2 Diciembre 2010 151-162.
2. Montero Cedeño S. L., Cardoso Galvão J. C., Cañarte Bermúdez E. G. (2017). Vinagre triple 12.5 %: herbicida natural en siembra directa de maíz (*Zea mays*) orgánico. ESPAMCIENCIA 8(2), 2017, 13-21.
3. Anzalone A. (2007). Herbicidas: Modos y mecanismos de acción en plantas. Capítulo II. Absorción y translocación de herbicidas en las plantas, 2007, p 12-28. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Departamento de Fitotecnia, Barquisimeto, Venezuela.
4. Goñi F. M., Alonso A. (2021). Detergentes: de los principios físicos a las aplicaciones biofarmacéuticas (o por qué prevenimos la covid-19 con agua y jabón). An. Real Acad. Farm. Vol. 87. Nº1, 2021, 53-96.
5. Concepción Toledo, D. N., González Suárez, E., López Bastida, E. J., & Ramos Miranda, F. (2021). Gestión del conocimiento en la proyección científica de la industria química mediante diseños experimentales. Revista Universidad y Sociedad, 13(2), 2021, 446-451.
6. Laycock, D.S. (2004). Manual for Field Trials in Crop Protection, Syngenta, Basilea, p. 45-54. [https://books.google.com/cu/books/about/Manual\\_for\\_Field\\_Trials\\_in\\_Crop\\_Protecti](https://books.google.com/cu/books/about/Manual_for_Field_Trials_in_Crop_Protecti).
7. Zuaznábar Zuaznábar R., Martínez Ramírez R., Rodríguez Estrada L., Fernández Martínez C., León Núñez P., Gallego Domínguez R., García Ruiz I., Díaz Díaz J. C. (2019). Manual de

- procedimiento del SERCIM. Servicio de control integral de malezas. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar., La Habana. 41 p.
8. Beltrán S., Loredó C., Rosales C. A., Gámez H.G. (2020). Control de Paxtle (*Tillandsia recurvata* (L.) L.) en mezquiteras de zonas áridas y semiáridas. Memoria XLI Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Sociedad Mexicana de la Ciencia de la Maleza (SOMECINA), 2020 p 71-79.
  9. Roig, G., Montull J. M., Llenes J. M., Taberner A. (2017). Herbicidas alternativos en viña ecológica. 381XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. Pamplona-Iruña 2017, España. 381-384. ISBN: 978-84-9769-327-1.
  10. Granda Coloma M. A. (2017). Estudio de dos herbicidas ecológicos con tres diferentes dosis, en el control de las malezas, para el cultivo de Pitahaya roja (*Hylocereus undatus* Haworth). Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil. Ecuador. 2017. 88 pp.
  11. Sánchez Avendaño, D., Abril Ospina D. Pabón González J. P. (2019). Evaluación de la actividad herbicida de biopreparado a base de Fique (*Furcraea andina* Trel.) fermentado, ácido acético y cloruro de sodio en arvenses de potrero en instalaciones del SENA-CAFEC. Revista Innova Cafec, vol 1 - Innovación sostenible y sustentable. 2019. 18-28.