

Control químico

de arvenses durante la aclimatización ex vitro de plántulas de caña de azúcar

Chemical control of weeds during ex vitro acclimatization of sugarcane seedlings

Recibido: 25/11/24

Aceptado: 25/03/25

Publicado: 03/02/25

Inoel García Ruiz^{1*}

E-mail: inoel.garcia@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7149-7750>

Emma Pineda Ruiz¹

E-mail: emma.pineda@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9880-3060>

¹Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar INICA Villa Clara. Ranchuelo, Villa Clara, Cuba.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

García Ruiz, I. y Pineda Ruiz, E. B. (2025). Control químico de arvenses durante la aclimatización ex vitro de plántulas de caña de azúcar. *Revista Científica Agroecosistemas*, 13, e760. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/760>

RESUMEN

El control de arvenses durante la aclimatización de plantas in vitro es una de las actividades de mayor incidencia en la supervivencia y el buen desarrollo de las plántulas de caña de azúcar. La investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad del control químico de arvenses durante la aclimatización de plántulas del cultivar CP52-43, con los herbicidas Dual Gold CE 96 (S-metolachlor) a dosis de 0,5 L ha⁻¹ p.c. y Treflan CE 48 (trifluralina) a 1 y 2 L ha⁻¹ p.c., comparados con la escarda manual y el control absoluto de libre crecimiento de arvenses. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente aleatorizado, con 4 réplicas y 240 plantas por tratamiento. El análisis de componente principal demostró que las dosis de los herbicidas establecieron una relación positiva y muy estrecha con la longitud y peso foliar de las plantas e inversa con la cobertura de arvenses y la supervivencia, lo que sugiere que las dosis de los herbicidas fueron efectivas para el control de arvenses, pero no todos los herbicidas fueron tolerados por las plántulas de caña de azúcar. El tratamiento más efectivo fue Dual Gold CE 96 a 0,5 L ha⁻¹ p.c. aplicado inmediato al trasplante, con efectivo control de las arvenses, no afectación del crecimiento de las plántulas y con beneficios sobre las UFC de hongos y bacterias totales del sustrato respecto al control sin herbicidas.

Palabras clave:

Microorganismos, Smetolachloro, Trifluralina, Vitroplantas.

ABSTRACT

Weed control during in vitro plant acclimatization is one of the activities with the greatest impact on the survival and good development of sugarcane seedlings. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of chemical weed control during the acclimatization of seedlings of the CP52-43 cultivar, with the herbicides Dual Gold CE 96 (S-metolachlor) at a dose of 0.5 L ha⁻¹ p.c. and Treflan CE 48 (trifluralin) at 1 and 2 L ha⁻¹ p.c., compared with manual weeding and absolute control of free weed growth. The treatments were distributed in a completely randomized design, with 4 replications and 240 plants per treatment. Principal component analysis showed that herbicide doses were positively and closely related to plant leaf length and weight, and inversely related to weed cover and survival, suggesting that herbicide doses were effective for weed control, but not all herbicides were tolerated by sugarcane seedlings. The most effective treatment was Dual Gold EC 96 at 0.5 L ha⁻¹ p.c. applied immediately after transplant, with effective weed control, no affection of seedling growth, and benefits on total substrate fungal and bacterial CFUs compared to the control without herbicides.

Keywords:

Microorganisms, Smetolachlor, Trifluralin, Seedlings

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* sp.), es uno de los cultivos más relevantes para la economía cubana, siendo el azúcar uno de los productos agrícolas exportables más importante de la isla (Nova, 2015). En este cultivo la semilla agámica a partir de los tallos es la forma más utilizada para el fomento de grandes extensiones dedicadas a la producción de azúcar, pero en áreas destinadas a semilla, paulatinamente, se han introducido tecnologías alternativas de multiplicación basadas en la micropropagación, de indudable ventaja en cuanto a la tasa de multiplicación y saneamiento. Al respecto, Rodríguez et al. (2021), consideran a la micropropagación una potente herramienta para la propagación rápida de plantas, siendo una alternativa útil para la obtención de material de plantación de mejor calidad.

Las plántulas procedentes del proceso biotecnológico requieren de un período de aclimatización a las nuevas condiciones ambientales y de manejo, etapa donde el sustrato tiene importancia relevante, no sólo porque es anclaje y portador de nutrientes, sino también porque puede contener semillas de arvenses que encarecen el proceso. Alfaro (2013), especifica que la mayor parte de los recursos usados durante la aclimatización se dedican al sustrato y al control de arvenses. Sin embargo, Díaz y Blanco, (2022), plantean que históricamente las arvenses han sido consideradas entre las principales plagas de las plantas cultivadas, pero en la actualidad diversos estudios demuestran que parecen desempeñar roles importantes en los agroecosistemas, al servir como reservorio de organismos benéficos en la rizosfera de las plantas.

La escarda manual es una forma de control de arvenses de muy baja productividad y eficiencia, de alto costo, no obstante, prevalece sobre la opción química en condiciones de umbráculo porque el área a atender es relativamente pequeña y no existe riesgo de fitotoxicidad. Una alternativa al control manual de arvenses en vitroplantas pueden ser ciertos herbicidas residuales de uso común en caña de azúcar, pero a dosis menores para reducir fitotoxicidad (García y Alomá, 2020)

El objetivo de la investigación fue evaluar los herbicidas Dual Gold CE 96 (S-metolacoloro) y Treflan CE 48 (trifluralina), en el control de arvenses, crecimiento y tolerancia de las plántulas del cultivar CP52-43 en la fase de adaptación de las vitroplantas de caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar INICA Villa Clara, situada en los 22° 24' 37" N y 80° 10' 07" W, a 125 m sobre el nivel medio del mar, municipio de Ranchuelo, provincia de Villa Clara, Cuba. El experimento comenzó en el mes de abril con plantas *in vitro* del cultivar CP52-43 de alta sensibilidad a herbicidas. Las plántulas se trasplantaron a bandejas de polipropileno de 60 alveolos de 159 cm³ de capacidad, colocadas en el umbráculo con cubierta de malla Sarán negra para reducir la intensidad luminosa al 50%. El sustrato se obtuvo en base a 80% del residuo sólido de la producción de vinaza con 6,9 de pH, materia orgánica: 34.15%,

nitrógeno: 2.0%, Fósforo: 0.60% y Potasio: 0.44% (Pineda et al., 2018) y 20% de zeolita de 3 mm de granulometría. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro bandejas como repetición y 240 plantas por tratamientos.

Se estudiaron los herbicidas Dual Gold CE 96 (S-Metolacoloro a 96% p/v) a 0.5 L ha⁻¹ p.c. y Treflan CE 48 (trifluralina a 48% p/v) a 1 y 2 L ha⁻¹ p.c. (Tabla 1), ambos productos efectivos contra arvenses anuales reproducidas por semilla pequeñas y selectivos a caña de azúcar en condiciones de producción extensiva. Se incluyó la escarda manual como referente, realizando dicha labor las veces necesarias durante la aclimatización, así como el control absoluto con libre crecimiento de arvenses para el cálculo del porcentaje de control de los tratamientos. La aplicación de los tratamientos se hizo con mochila de aspersión manual, boquilla deflectora, presión de 1.0 bar, ancho de trabajo de 1.60 m y caldo de 200 L ha⁻¹.

Tabla 1. Tratamientos del experimento.

No.	Tratamientos	Ingrediente activo	Siglas	Dosis (L ha ⁻¹ p.c.)
1	Control absoluto	-	CA	-
2	Escarda manual	-	EM	-
3	Dual Gold CE 96	Smetolacoloro	DG	0,5
4	Treflan CE 48	Trifluralina	Tre1	1,0
5	Treflan CE 48	Trifluralina	Tre2	2,0

Fuente: Elaboración propia

A inicio del experimento se seleccionaron 5 plántulas de los alveolos centrales de las bandejas (20 plantas por tratamiento) y a los 0, 14, 20, 28, 36, 41 y 48 días del trasplante se midió la longitud hasta el dewlap +1, contaron las hojas verdes por planta, plantas muertas y se estimó la cobertura de arvenses por bandeja (Fischer, 1975), lo que permitió calcular el porcentaje de control de arvenses y la supervivencia de plántulas por las fórmulas (1) y (2), respectivamente.

$$CoA = ((CobCA - CobT) / CobCA) * 100 \quad (1)$$

CoA: Control de arvenses (%); CobCA: Cobertura de arvenses en el control absoluto (%);

CobT: Cobertura de arvenses en el tratamiento (%).

$$SUP = PM * 100/20 \quad (2)$$

SUP: Supervivencia (%); PM: Plantas muertas; 20: Plantas seleccionadas por bandeja.

A los 48 días se extrajeron 40 plantas por tratamiento, se lavaron y cortaron por la unión tallo-raíz, se secaron al aire y pesaron en una balanza Sartorius modelo T64 con precisión de 0.1 mg.

A partir del peso seco al aire (PSA) promedio por planta y el número de plantas vivas (NPV), se calculó el rendimiento de biomasa foliar en de los tratamientos por la fórmula (3).

$$RBF = PSA * NPV, \text{ donde:} \quad (3)$$

RBF = Rendimiento de biomasa foliar (g bandeja⁻¹)

Para determinar el efecto de los herbicidas sobre los hongos y bacterias del sustrato se diseñó otro experimento, con los herbicidas Dual Gold CE 96 y Treflan CE 48 a dosis de 0.5 y 2 L ha⁻¹, respectivamente, en comparación con un control sin herbicidas. Cada tratamiento estuvo formado por 2 bandejas de 60 alveolos, utilizando el mismo sustrato del primer experimento. El día antes de la aplicación de los herbicidas en el ensayo de microorganismos se extrajo el sustrato de 5 alveolos por tratamiento y se colocó en una bolsa de polietileno debidamente identificada. Al día siguiente se hicieron las aplicaciones de ambos herbicidas y transcurrido 10 días, se repitió el muestreo y se mantuvieron decenalmente hasta los 70 días. Las determinaciones de las unidades funcionales como colonia (UFC) de hongos y bacterias totales, se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Martha Abreu” de Las Villas según Novo (1983).

Se realizó un análisis de componentes principales (CP) con datos originales tipificados, para identificar relaciones importantes entre variables y a partir de sus resultados, se realizaron análisis de varianza simple con Prueba Tukey $p < 0.05$ para explicar relaciones entre variables de interés. Las variables expresadas en porcentaje se transformaron por $y = 2 \arccos(\sqrt{P+0.5})$, donde, P: dato en %, 0.5: ante

presencia de datos con valor cero (Lerch, 1977). Se utilizó el Paquete Estadístico SSPS Versión 22.

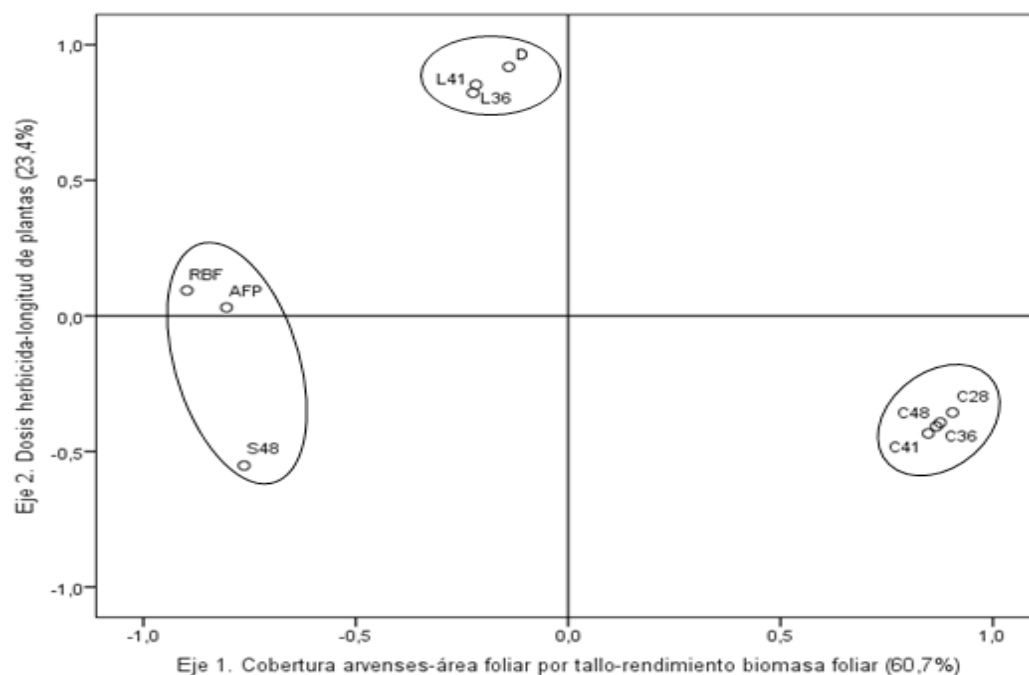
RESULTADOS-DISCUSIÓN

El eje 1 del componente principal (CP) explicó 60,7% de la varianza y el segundo representó 23,4% para 84,1% entre ambos ejes (Tabla 2), suficiente si se tiene en cuenta que la cantidad de ejes a considerar es a criterio personal y en dependencia de la información dispuesto a sacrificar (Mongay, 2005; Polanco, 2016) y también, porque deben incluirse el número de ejes necesarios para explicar al menos 70% de la varianza total (López y Fachelli, 2015).

Los ejes se definieron por las variables con coeficientes de correlación de 0,7 o mayores, siendo los aportes de 60.7 y 23.4% para el eje 1 y 2, respectivamente, para un aporte total de 84.1% de la variabilidad total.

El análisis de CP permitió la detección de relaciones importantes para la definición de manejos culturales durante la etapa de aclimatización de plántulas de caña de azúcar en umbráculo. En este sentido, la posición opuesta de la dosis herbicida (D) y la cobertura (C) sugiere que al aumentar D hubo mejor control y una consecuente reducción de la cobertura de arvenses (Fig. 1).

Fig 1: Asociación entre variables en el componente principal rotado.



Fuente: Elaboración propia

La efectividad de los tratamientos en el control de arvenses no fue uniforme, incluido la escarda manual que disminuyó la eficacia hacia el final de período de estudio, atribuible al aumento de la biomasa foliar de las vitroplantas que hizo más difícil el escarde de las arvenses de menor

porte. Treflan CE 48 a 2 L ha⁻¹ p.c. fue el tratamiento más efectivo en el control de las especies de arvenses predominantes *Portulaca oleracea* (L.), *Amaranthus dubius* Mart. y *Chamaesyce hyssopifolia* (L.) Small., el cual aventajó al resto de los tratamientos durante todo el período de aclimatización (Tabla 2).

Tabla 2. Control de arvenses por tratamientos hasta los 48 días del trasplante.

Tratamientos	Dosis (L ha ⁻¹)	Días de aclimatización					
		14	20	28	36	41	48
Control absoluto	-	0	0	0	0	0	0
Escarda manual	-	91,1 a	94,7 a	94,8 a	92,9 b	87,2 b	86,3 b
Dual Gold CE 96	0,5	81,0 ab	89,3 ab	95,3 a	94,6 b	90,5 b	89,6 b
Treflan CE 48	1,0	71,3 b	83,9 b	90,8 b	94,2 b	89,3 b	87,2 b
Treflan CE 48	2,0	85,7 a	92,0 a	97,2 a	98,1 a	98,2 a	97,0 a
p valores	-	0,0175	0,0405	0,0017	0,0051	0,0042	0,0054
Error estándar	-	2,27	1,27	0,70	0,61	1,22	0,90
Desv. estándar	-	9,11	5,07	2,80	2,43	4,89	3,96

Letras distintas por columnas indican diferencia significativa según prueba Tukey $p < 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, la efectividad de control sobre las arvenses no basta para demostrar la posibilidad de utilización de un herbicida, más aún cuando se trabaja con plántulas de extrema sensibilidad como las obtenidas *in vitro*, siendo necesario entonces considerar otras variables como la supervivencia y el crecimiento de las plantas. En este sentido, el CP detectó asociación negativa entre la dosis D y la supervivencia (S), de donde se deduce que hubo un marcado incremento de la fitotoxicidad de los herbicidas con el aumento de la dosis, siendo Treflan CE 48 a 1 y 2 L ha⁻¹ los más agresivos con valores de mortalidad cercanos a 25 y 33%, respectivamente, mientras Dual Gold CE 96 a dosis de 0.5 L ha⁻¹ con 15% de plantas muertas fue el más inocuo, en unas condiciones de manejo en el umbráculo donde la escarda manual sin arvenses y sin herbicidas tuvo 8,8% de mortalidad. De igual manera, D se asoció de forma inversa con las variables de área foliar por plántula (AFP) y el rendimiento de biomasa por bandeja (RBF) a los 48 días, lo que significó decrecimientos de 11,3 cm² de área foliar y 45,9 g de biomasa por bandeja respecto al tratamiento de Dual Gold CE 96 (Tabla 4).

Tabla 4. Desarrollo de las plántulas de caña de azúcar.

Tratamientos	D	S	AFP48	RBF48	L (cm)		C48 (%)
	(L ha ⁻¹)	(%)	cm ²	(g)	36	41	
Control absoluto	-	67,0 cd	109,4 b	120,3 b	6,3 b	8,4 b	91,3 a
Escarda manual	-	91,2 a	133,9 ab	295,8 a	8,0 b	10,0 ab	7,5 b
Dual Gold CE 96	0,5	85,0 ab	137,6 a	292,3 a	6,9 b	10,5 ab	7,0 b
Treflan CE 48	1,0	75,4 bc	131,0 ab	250,3 a	7,7 b	10,5 ab	8,5 b
Treflan CE 48	2,0	66,7 d	126,3 ab	246,4 ab	10,4 a	12,3 a	2,3 b
p valores	-	0,000	0,049	0,025	0,003	0,011	0,000
Error estándar	-	2,25	3,36	18,6	0,4	0,43	7,82
Desv. estándar	-	10,1	15	83,2	1,81	1,93	35

Letras distintas por columnas indican diferencia significativa Tukey $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

Otra relación muy interesante detectada por el análisis de CP fue la asociación estrecha y positiva entre la dosis D y la longitud L de las plántulas, en virtud de la cual las plantas crecieron más donde la dosis herbicida fue mayor, lo que contrasta con otras variables fenológicas evaluadas en el ensayo como S, AFP y RBF que se asociaron inversamente con D. La magnitud del incremento de L en Treflan CE 48 a 2 L ha⁻¹ fue superior a 2 cm a los 36 y 41 días del trasplante respecto a las menores dosis de herbicidas y el control manual, así como de 4,1 y 3,9 cm en las edades mencionadas, comparado con el control absoluto de libre crecimiento de arvenses. El comportamiento inusual de L respecto a D se atribuyó al efectivo control de arvenses del tratamiento de mayor dosis, con cobertura (C48) inferior a 3% durante todo el ciclo que aseguró mayor disponibilidad de nutrientes del sustrato para las plántulas, lo contrario de lo que pudo suceder en los restantes tratamientos de control químico y manual con valores de cobertura entre 7 y 8,5% (Tabla 4), al finalizar el ciclo de aclimatación donde la mayor parte de los nutrientes ya fueron consumidos y la competencia por nutrimentos se agudiza.

Los valores de cobertura arvenses cercanos a 10% en campo abierto no parecen dañinos al rendimiento agrícola de la caña de azúcar y, de hecho, se considera un nivel de cobertura de leve o moderado según la metodología utilizada, sin embargo, en el tamaño alveolar de sólo 159 cm³ de volumen de las bandejas usadas en el experimento, las condiciones fueron mucho más difíciles debido a la presencia de arvenses y a la consecuente convivencia de ambos sistemas de raíces y, en dicho contexto, niveles bajos de cobertura de arvenses pueden ser muy dañinos. Wilches et al., (2008) demostraron que la altura, longitud de raíces y masa fresca de plántulas de tomate, aumentaron en función del tamaño del alveolo y lo atribuyeron a la mayor disponibilidad de espacio y de oportunidades para absorber nutrientes y agua.

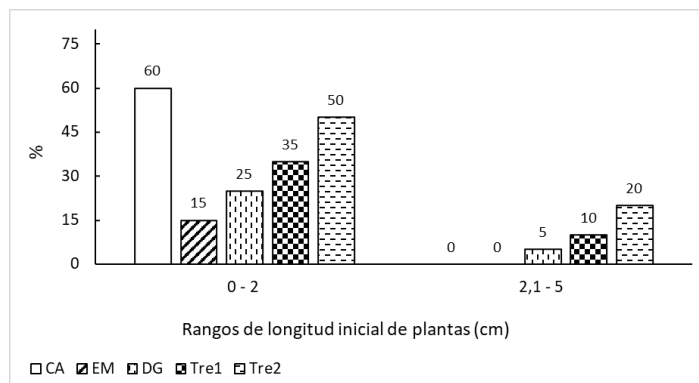
La competencia plántula-arvenses en el experimento debió ser fundamentalmente por nutrientes, habida cuenta de que los sustratos utilizados no siempre son de óptima calidad y a la existencia de riego de agua dos veces al día para garantizar buena humedad. Masabni (2014) resalta la necesidad de mantener, durante el compostaje, la humedad entre 40 y 60%, contenido de oxígeno de 5% o más y pH entre 6 y 8 para que los microorganismos comiencen a descomponer los residuos orgánicos y eleven la temperatura hasta los 45 °C y dar paso a otros microorganismos capaces de crecer hasta 75 °C, temperatura suficiente para eliminar la viabilidad de las semillas de arvenses.

En general, los resultados del ensayo reafirman los obtenidos con s-metolaclo en plántulas de caña de azúcar en la fase de adaptación en umbráculo (García *et al.*, 2016), los que coinciden con los logrados en Manihot *esculenta* Crantz con plantas *in vitro* (Romay *et al.*, 2004) y esquejes (Luna *et al.*, 2018), a la vez que demostraron la elevada agresividad de Trifluralina a plántulas del cultivar de caña de azúcar CP52-43. Además, ratificaron la necesidad de optimizar el manejo cultural en la fase de aclimatación para evitar, en lo posible, el estrés por trasplante (Hurtado *et al.*, 2021), lo que Agramonte, *et al.* (1998) enunciaron como la necesidad de controlar factores ambientales del

umbráculo en los primeros 15 días para lograr alta supervivencia de plántulas.

El tamaño y número de hojas por planta *in vitro* son dos parámetros fenológicos que definen su calidad para enfrentar exitosamente las condiciones ambientales y de manejo en el umbráculo. En el caso particular del ensayo la longitud de las plántulas influyó sobre la mortalidad, siendo de 37,0 y 7,0% para plantas de longitud inicial menor o mayor de 2 cm, respectivamente (Fig. 2).

Fig 2: Mortalidad por tratamiento en dependencia de la longitud de la planta en el momento del trasplante.



Fuente: Elaboración propia

La competencia de arvenses en el CA y Treflan CE 48 a 2,0 L ha⁻¹ con 60 y 50% de mortalidad fueron los más agresivos a las plantas menores de 2 cm de longitud, mientras Dual Gold CE 96 a 0,5 L ha⁻¹ se ratificó como la variante de control químico mejor tolerada con 25%, en condiciones de manejo donde la escarda manual tuvo 15% de plantas muertas, lo que contrasta con las plantas mayores de 2 cm con cero mortalidad en el control absoluto y escarda manual y sólo 5% en Dual Gold CE 96 a 0.5 L ha⁻¹.

Estos resultados concuerdan con los de Sosa, *et al.* (2009) quienes lograron supervivencia superior a 95% con plantas *in vitro* de longitud mayor a 3 cm y de sólo 76,6% para las inferiores a 3 cm en condiciones de umbráculo, pero se oponen a los obtenidos por Espinosa, *et al.* (2019) en Morera blanca al mostrar supervivencias significativamente mayores con vitropiantas pequeñas (1,5 - 2,5 cm), comparadas con las medianas (2,5 - 3,5 cm) y grandes (> 3,5 cm) y alegan que, el adecuado manejo, las condiciones ambientales y las características de resistencia de la especie a las condiciones *ex vitro*, fueron factores favorables al buen resultado obtenido.

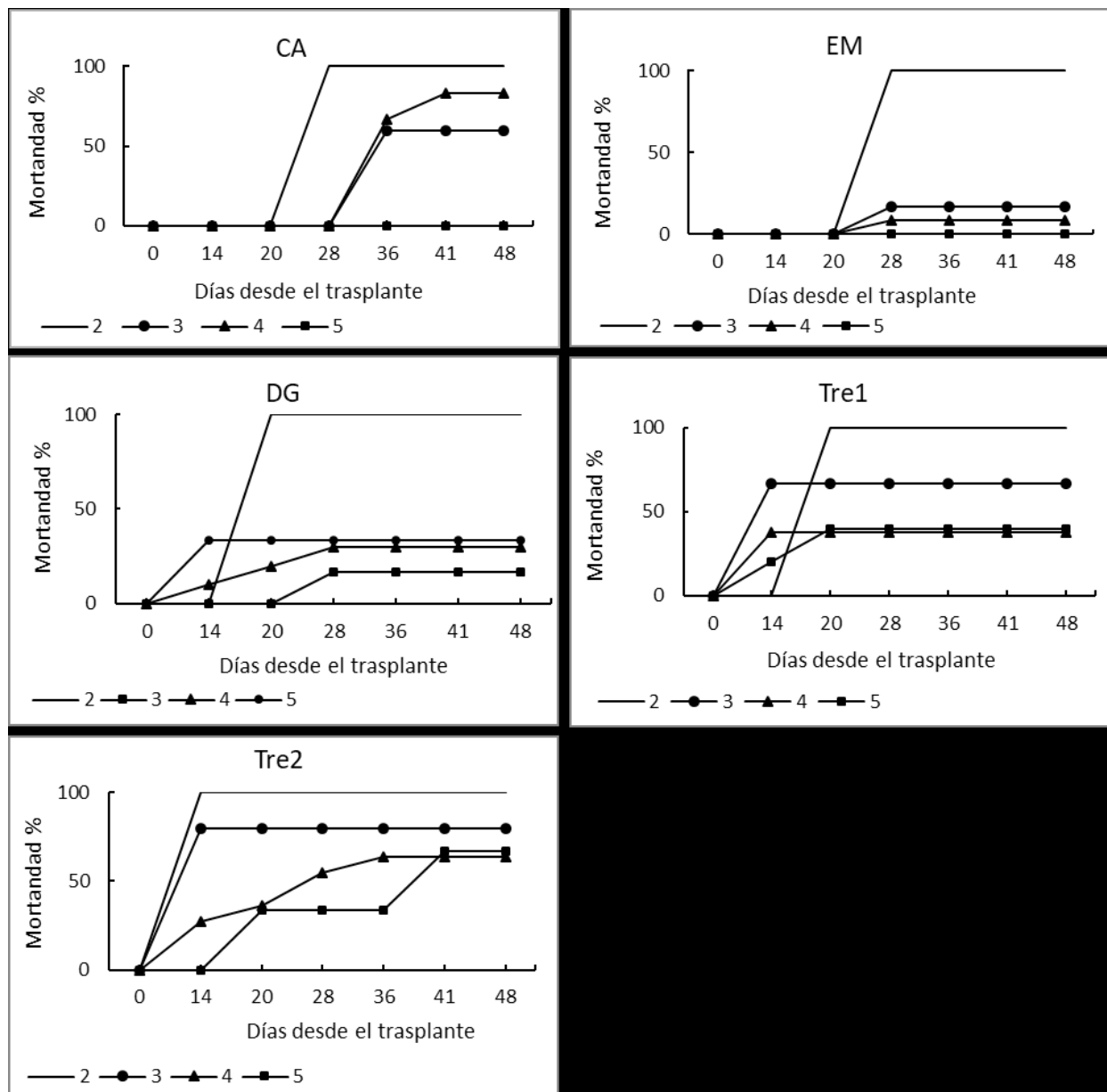
Por otra parte, Enríquez del Valle, *et al.*, (2023) señalan que el éxito del proceso de aclimatación de plantas *in vitro* se consigue con un buen sustrato, regulación gradual de la humedad relativa, mantener la temperatura entre 15 y 28 grados, baja radiación solar al inicio y su incremento paulatino y buen abastecimiento de nutrientes. En este sentido, también Castro (2023) obtuvo supervivencia mayor de 90% durante la aclimatación de vitropiantas de *Stevia rebaudiana* B. al mantener la humedad relativa por encima de 90% y temperatura ambiental de 17 grados.

En el caso del número de hojas por planta los resultados obtenidos indican que las plantas con dos hojas no

resistieron ninguna de las condiciones de manejo estudiadas. En el CA la fuerte competencia de las arvenses en libre crecimiento fue factor negativo para la supervivencia, siendo las plantas con 5 hojas iniciales las únicas con cero mortalidades, siendo superior a 60% en las plantas que tenían cuatro o menos hojas al momento del trasplante. El control manual de arvenses (EM) tuvo 100, 17, 8 y 0% de

mortalidad en las plantas con 2, 3, 4 y 5 hojas iniciales, respectivamente, lo que sitúa a esta variante como la menos agresiva, aunque tuvo 8,8% de mortalidad en correspondencia al manejo agronómico existente en el umbráculo (Fig. 3).

Fig 3: Efecto del número de hojas iniciales por planta sobre la mortandad en umbráculo.



Fuente: Elaboración propia

Los herbicidas también perturbaban el normal desarrollo de las plántulas durante la aclimatación, siendo DG el tratamiento de control químico menos agresivo con 33,3% de mortalidad para las plantas de tres hojas, 30% en las de cuatro y 16,7 en las de cinco hojas. En el caso de Trifluralina las dos dosis fueron altamente fitotóxicas con niveles de mortalidad superiores a 35% independientemente del número de hojas por planta.

Microorganismos del Sustrato

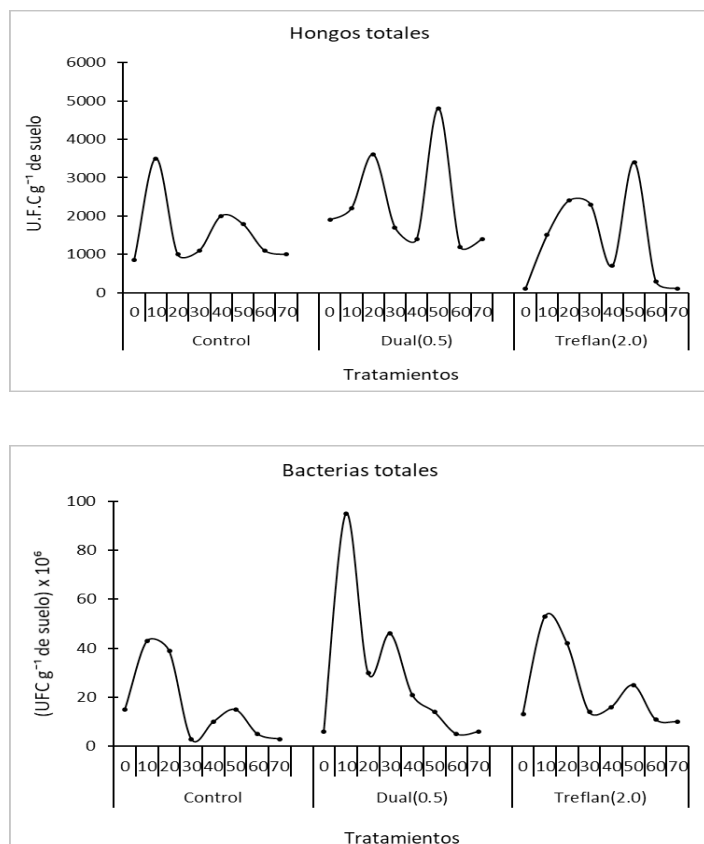
La dinámica de las Unidades Funcionales como Colonia (UFC) de hongos y bacterias totales mostró, en todos los tratamientos, un primer incremento entre los 10 y 20 días y otro cercano a los 50 días (Fig. 4).

En el tratamiento sin herbicidas (Control) ambas cimas de UFC se atribuyeron a cambios del contenido de humedad,

la primera porque el sustrato cambió desde el almacenaje bajo techo a condiciones de umbráculo con riego diario de agua y la segunda, por una lluvia de 50,4 mm ocurrida a los 50 días del trasplante. Ramos y Zúñiga (2008) demostraron que la humedad favorece la actividad microbiana con aumentos de la producción de CO₂ y la actividad deshidrogenasa con alta humedad y viceversa para humedad baja.

También las precipitaciones, al remover iones de la atmósfera en diferentes cantidades en dependencia de la localidad, tipo de fuente, así como de fenómenos atmosféricos durante la formación de las nubes (Sanhueza, et al., 2005 y Seinfeld y Pandis, 2006, citados por López y Prendes, 2013), ponen en contacto elementos químicos con el follaje de las plantas o el suelo. Estudios sobre el N transportado por las lluvias revelan que en Argentina fueron, como promedio, 13,9 (Hein, et al. 1981), en Brasil 5,32 (Andrade, et al. 1995) y 11,49 kg ha⁻¹ año⁻¹ en México (Cristóbal et al. 2015). Bajo esta óptica la precipitación de 50,4 mm a los 50 días del trasplante pudo incrementar la actividad microbiana y reflejarse positivamente en las UFC de hongos y bacterias, en un momento donde gran parte de los nutrientes del sustrato habían sido consumidos luego de casi dos meses de iniciado el experimento.

Fig 4: Colonias de hongos y bacterias totales hasta 70 días de la aplicación de los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia

Las condiciones ambientales que prevalecieron durante el desarrollo del ensayo en el umbráculo se caracterizaron

por niveles altos de humedad, sustrato con 5% de materia orgánica y temperaturas entre 25 y 30°C, fueron factores favorables al aumento de las tasas de degradación química y microbiana de los herbicidas (Hager et al, 2000 citado por Bedmar, et al. 2022). Sin embargo, las características de movilidad y persistencia de los herbicidas en el suelo pueden influir en su degradación microbiana y en este sentido, la persistencia media (Zemolin, et al. 2014) o no persistencia (Carpio, et al. 2023) de S-metolachloro, pudieron aumentar su disponibilidad, favorecer la mayor biodegradación microbiana y elevar las UFC de hongos y bacterias totales en comparación a Trifluralina, el cual es un herbicida de alta fijación al suelo, poca movilidad y vida media en campo superior a 170 días (Lara, et al. (2018).

CONCLUSIONES

El control de arvenses durante el período de aclimatización en umbráculo se consigue con una aplicación del herbicida Dual Gold CE 96 (S-metolachloro) a dosis de 0,5 L ha⁻¹ p. c., inmediata al trasplante de plántulas in vitro de caña de azúcar, en sustitución de varias labores de escarda manual, sin afectar los parámetros de calidad establecidos para la comercialización de las plantas y potenciando las Unidades Funcionales como Colonias (UFC) de hongos y bacterias totales del sustrato en comparación con el control sin herbicida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agramonte Peñalver, D.; Jiménez Terry, F. y Dita Rodríguez, M. (1998). Aclimatización. En J. N. Pérez Ponce. *Propagación y mejora genética de plantas por Biotecnología*. (pp. 193-206). Editorial GEO
- Alfaro Porras, J. (2013). Control de malezas en invernadero en vitroplantas de caña de azúcar, Costa Rica. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/FQvCIXWwYRQVPurLpeJVegJlyArQiA-ca>
- Andrade, G.; Da Silva, H.; Ferreira, C.; Bellote, A. y Moro, L. (1995). Contribución del agua de lluvia en la oferta de nutrientes minerales para Eucalyptus grandis. *Bosque* 16(1), 47-51.
- Bedmar, F.; Gianelli, V. y Panaggio, H. (2022). Herbicidas en el suelo. https://www.researchgate.net/publication/380175086_Herbicidas_en_el_suelo_en_sistemas_de_siembra_directa/citations#fullTextFileContent
- Carpio, M.J.; Douibi, M.; Rodríguez, M.S.; Sánchez, M.J. y Marín, J.M. (2021). Movilidad de herbicidas en suelos agrícolas bajo prácticas de laboreo del suelo tradicionales y de conservación. *Estudios en la Zona No Saturada*, XV. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9225436>
- Castro Suárez, Á. S. (2023). Aclimatación de plantas in vitro de Stevia rebaudiana B. en tres ambientes controlados. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina. Perú. 59 p. <https://repositorio.lamolina.edu.pe>

- Cristóbal Acevedo, D.; Hernández Acosta, E.; Álvarez Sánchez, M. E. y Maldonado Torres, R. (2015). Concentraciones de nitrógeno en precipitaciones y escorrentías en parcelas con manejo orgánico y convencional. *Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 21(1), 29-40. <https://doi:10.5154/r.rchscfa.2014.05.019>
- Díaz Díaz, Y. y Blanco Valdés, Y. (2022). Las arvenses como indicador microbiológico del suelo. *Cultivos Tropicales*, 43(1). ISSN digital: 1819-4087.
- Enríquez del Valle, J. R.; Chávez Cruz, I. L.; Rodríguez Ortiz, G. y Campos Ángeles, G. V. (2023). Vitroplantas de Agave angustifolia Haw. obtenidas en ambientes de incubación contrastantes, aclimatadas en diferentes sustratos. *Rev. Fitotec. Mex.* 46 (3), 291-298. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.3.291>
- Espinosa Reyes, Á.; Silva Pupo, J. J.; Bahi Arevich M. y Romero Cabrera, D. (2019). Influencia del tamaño de las plantas in vitro y tipo de sustrato en la aclimatación de *Morus alba* L. *Pastos y Forrajes*, 42(1), 23-29.
- Fischer, F. (1975). Comparación de dos métodos de evaluación para determinar el grado de efectividad herbicida. *Rev Agric.*, 8 (1), 70-80.
- García Batista, R. M. y Alomá Oramas, R. M. (2020). Evaluación de vitroplantas de caña de azúcar, recomendaciones para su manejo agronómico. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 170-178.
- García Ruiz, I.; Sánchez Ortiz, M.; Núñez Jaramillo, D. y Otero Quintero, Y. (2016). Control químico de arvenses durante la aclimatización de plantas in vitro de caña de azúcar cv. 'CP52-43'. *Bioteología Vegetal*, 16(3), 171-177.
- Hein, W.; Panigatti, J. y Pirolo, T. (1981). Nitrógeno del agua de lluvia en Rafaela. Santa Fe, Argentina: Servicio de Comunicaciones y Relaciones Públicas de la EERA Rafaela.
- Hurtado Becerra, B.; Gómez Kosky, R.; Bernal Villegas, A.; Hernández León, M.; Toledo Rodríguez, E.; Posada Pérez, L.; Alejo Sierra, M.; Álvarez Ferreiro, J.; Aguiar Fernández, A.; Bermúdez Calimano, M. y Núñez Jaramillo, D. (2021). Efecto del bioestimulante Enerplant® en la aclimatización ex vitro de plantas propagadas in vitro de caña de azúcar cv. C97-445. *Bioteología Vegetal*, 21(2), 119-127. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/700>
- Lara Moreno, A.; Rubio Bellido, M.; Madrid, F.; Morillo, E. y Villaverde, J. (2018). Biorrecuperación de un suelo contaminado con trifluralina usando bioaumentación y ciclodextrina. VIII Congreso Ibérico de las Ciencias del Suelo. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC., Sevilla, España.
- Lerch, G. (1977). *La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas*. Empresa Gráfica 04 "Urselia Díaz Báez"
- López, R. y Préndez, M. (2013). Componentes físicos y químicos de la lluvia en Cuba: iones, elementos, fuentes de emisión y condiciones meteorológicas. Memorias del VII Congreso de la Red Latinoamericana de Ciencias Ambientales. Costa Rica.
- López Roldán, P. y Fachelli, S. (2015). Metodología de la investigación social cuantitativa. Barcelona: Edición digital: <http://ddd.uab.cat/record/129382>.
- Luna Castellanos, L. L.; Espinosa Carvajal, M. R.; De La Ossa Albis, V. A.; Panza Tapia, B. D.; García Peña, J. A. (2018). Selección de herbicidas para el control de arvenses en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Bolívar, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(3), 621-631.
- Masabni, J. (2014). Elaboración de compost para exterminar semillas de malezas. Jardinería Fácil. Texas A&M AgriLife Extension Service. <https://aggie-horticulture.tamu.edu/vegetable/files/2013/09/EHT-052S-composting-to-kill-weed-seeds.pdf>.
- Mongay Fernández, C. (2005). *Quimiometría*. Editorial† Publicacions de la Universitat de València
- Nova González, A. (2015). *Importancia económica y estratégica de la agroindustria cañera cubana*. En: M. González Corzo, *La agroindustria cañera cubana: transformaciones recientes* (pág. 131). Editor Bildner Center.
- Novo Sordo, R. (1983). Microbiología Agrícola. Ejercicios prácticos generalidades. Ed. Félix Varela.
- Pineda, E.; Acosta, F.; Núñez, D.; Aday, O.; Machado, P. y Toledo, E. (2018). Nuevo sustrato para la aclimatización de vitroplantas de caña de azúcar. *Centro Agrícola* 45(3), 32-36.
- Polanco Martínez, J. (2016). El papel del análisis por componentes principales en la evaluación de redes de control de la calidad del aire. *Comunicaciones en Estadística*, 9 (2), 271-294.
- Ramos Vásquez, E. y Zúñiga Dávila, D. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y PH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. *Ecología Aplicada*, 7(1,2), 123-130.
- Rodríguez Hernández, M., Izquierdo Oviedo, H., Soriano-Melgar, L. de A. A., Calaña-Janeiro, V. M., Hernández-Escobar, I. de la C., Horta-Fernández, D., Guillema Alonso, R. (2021). Aclimatización de plántulas de *Lisianthus (Eustoma grandiflorum (Raf.) Shinnery)* cultivar 'Mariachi Blue' con un oligogalacturonido. *Cultivos Tropicales*, 42(1). ISSN digital: 1819-4087. <http://ediciones.inca.edu.cu>

- Romay, G.; Santana, M. y Matehus, J. (2004). Efecto de tres herbicidas pre-emergentes en el establecimiento en campo de plantas in vitro de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Acta Científica Venezolana*, 55(3), 191-197.
- Sosa Rodríguez, F. M.; Ortiz, R. S.; Hernández, R. P.; Armas, P. M. y Guillen, D. S. (2009). Propagación in vitro de *Heliconia standley* Macbride en Cuba. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(2), 17-23
- Wilches Rojas, F.; Álvarez Herrera, J. y Balaguera López, H. (2008). Tamaños de alvéolo y diferentes láminas de riego en obtención de plántulas de tomate. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 11(2), 141-151.
- Zemolin, C.R.; Ávila L.A.; Cassol, G.V.; Massey, J.H. y Camargo, E.R. (2014). Environmental fate of S-metolachlor - A review. *Planta Daninha, Viçosa-MG*, 32(3), 655-664.