

*Sabe a lo
que nunca
has probado!*
Nuevas bebidas instantáneas



Bajo en calorías

Con extracto de
Stevia

Descubrí tu sabor

REVISTA



ENTRE
CAÑEROS



NÚMERO 10 JULIO 2018

Revista trimestral del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)



PRESENTACIÓN

Continuando con nuestra labor de comunicar y transferir el conocimiento técnico del cultivo de la caña de azúcar a nuestro público meta, les ofrecemos este número de nuestra revista Entre Cañeros. En la víspera de la celebración de nuestro VII Congreso Técnico queremos complementar nuestras acciones en el campo de la capacitación y transferencia con este número que divulga las últimas noticias sobre acuerdos corporativos que tendrán influencia en la toma de decisiones de nuestros productores y beneficiarios, concretamente nos referimos a la política de cobro por los productos biológicos y que en este caso aplicará a las plantas producidas por el Laboratorio de Cultivo de Tejidos de DIECA, situación que marcará un hito en el futuro de este programa de producción de in vitro.

También les compartimos resultados de una investigación en la formulación de sustratos para almácigos que puede ser del interés general.

Adicionalmente incluimos una importante nota técnica acerca de la denominada "hormiga loca", cuyas poblaciones en las plantaciones de caña de azúcar han aumentado llamando la atención de productores y técnicos azucareros.

Esperamos que esta publicación les resulte de interés y utilidad; y como siempre los invitamos a que nos hagan llegar sus comentarios, sugerencias y críticas que nos ayudarán a la mejora de este instrumento de divulgación.

Ing. Erick Chavarría Soto
Coordinador comité editorial
Revista Entre Cañeros
Correo-e: echavarría@laica.co.cr

CONTENIDO

01

Presentación

03

LAICA fija precio y condiciones de venta a plantas reproducidas por cultivo de tejidos *in vitro*

13

Evaluación de diferentes proporciones de cuatro materias primas en la aclimatación de vitroplantas de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) bajo condiciones de invernadero.

25

Presencia de hormiga loca *Nylanderia fulva* (Hymenoptera: Formicidae) en plantaciones de caña de azúcar en el Valle Central.

Revista Entre Cañeros

Número 10, 20 de julio del 2018.

Publicación técnica gratuita del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
Producida por la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar.

Avenida 15 y calle 3, Barrio Tournón.
San Francisco, Goicoechea.
10802 San José, Costa Rica.
www.laica.co.cr

Comité Editorial

Ing. Erick Chavarría Soto, coordinador.
Ing. Marco A. Chaves Solera.
Ing. José Daniel Salazar Blanco.
Ing. Julio César Barrantes Mora.

VII Congreso Tecnológico

del Departamento de Investigación y Extensión
de la Caña de Azúcar (DIECA) Liga Agrícola
Industrial de la Caña de Azúcar



Fecha: miércoles 29, jueves 30 y Viernes 31 de agosto 2018

Lugar: Santa Clara, San Carlos, Alajuela

Sesiones de charlas y mesa redonda los días miércoles y jueves en el auditorio del Colegio Técnico Profesional de Santa Clara, San Carlos, Alajuela. Día de campo: a realizarse el día viernes en las plantaciones del Ingenio Quebrada Azul, Florencia, San Carlos, Alajuela.



La actividad es para todo público y gratuita.

Inscripción a los teléfonos: 2494-1129 / 2494-4451 / 2494-2955 o 2494-7555;
también vía e-mail: krodriguez@laica.co.cr



“Esta es una sección para opinión y discusión sobre temáticas de indole exclusivamente técnicas en lo referente al entorno de la producción de caña de azúcar a nivel nacional e internacional, los temas publicados en esta sección no representan ni reflejan las políticas internas o externas de LAICA; ni personifican tampoco la manera de pensar o de opinar del Comité Editorial. Los autores deberán de asumir la responsabilidad en lo personal y de manera independiente por lo que publiquen en esta sección.”

LAICA FIJA PRECIO Y CONDICIONES DE VENTA A PLANTAS REPRODUCIDAS POR CULTIVO DE TEJIDOS *IN VITRO*

Marco A. Chaves Solera¹

Introducción

Por tradición de muchos años, la dirigencia del sector azucarero costarricense siempre se ha preocupado y esmerado por atender, en la medida de sus posibilidades y capacidades financieras, logísticas e institucionales, satisfacer las necesidades y demandas tecnológicas mediáticas, coyunturales y de largo plazo tanto de sus clientes como de los usuarios internos; en este caso el sector productor de caña. Dicha acción se ha realizado sin distinciones de tamaño, condición productiva o regionalismos geográficos; sino por el contrario, bajo criterios orientados a elevar la eco eficiencia, la sostenibilidad ambiental y social, el incremento de la productividad agroindustrial, la reducción de los costos vinculados, el aumento de la rentabilidad y la utilidad final de la empresa cañera como objetivos primarios.

En esta tesitura una revisión de antecedentes demuestra fácilmente como con gran sentido de necesidad y visión de oportunidad, la agroindustria azucarera nacional ha desarrollado iniciativas e importantes emprendimientos en el campo tecnológico, que en algunos casos mucho se adelantaron a los tiempos; como acontece con los programas de control biológico, particularmente la reproducción de parasitoides (avispa), operado casi desde la creación misma de DIECA en mayo de 1982 y que se fortaleció con la creación del laboratorio en febrero de 1985. Posteriormente vino el desarrollo de la técnica asociada a los hongos entomopatógenos y los

controles mediante otras vías conocidas como etológicas, basadas en el empleo de feromonas (atrayentes naturales), cebos, trampas de luz, trampas atrayentes de color con pegamento adhesivo, entre otras, lo cual institucionalmente se fortaleció luego del año 1998 (Chaves 2017bc).

Dicha línea de gestión técnico - ambiental orientada hacia el control de plagas, permitió al sector azucarero ser pionero en el país en esta novedosa área tecnológica, al registrar el primer producto biológico y, mantenerse inclusive en la actualidad como el único producto de esa naturaleza registrado oficialmente, como lo señalara la Promotora de Comercio Exterior (PROCOMER) en noviembre del 2017 (Ulloa 2017), en referencia directa a los Biocontroladores Registrados en Costa Rica, al indicar expresamente, que “En productos de origen costarricense solamente se dispone del registro



¹ Ingeniero Agrónomo, MSc. Gerente. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA), Costa Rica. E-mail: mchavez@laica.co.cr. Teléfono (506) 2284-6066.

de los productos de la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), para *Beauveria bassiana* con la marca comercial **BEAUVE DIECA®**, y *Metarhizium anisopliae* con la marca comercial **META DIECA WP®**. También se cuenta con el registro del parasitoide (avispa) *Cotesia flavipes* inscrito comercialmente como **COTE DIECA®** y empleado en el control del barrenador del tallo (*Diatraea* spp).

Con los años y las dificultades surgidas por causa de los bajos precios internacionales acontecidas en los mercados de mayor demanda del azúcar, la reducción del consumo nacional, la importación de azúcar en el país, la salida del mercado de importantes demandantes industriales, entre otros motivos, han generado sectorialmente una situación financiera difícil que ha obligado a adoptar medidas emergentes de contención del gasto y la búsqueda de nuevas estrategias para procurar aumentar los ingresos y mantener algún grado de rentabilidad satisfactorio.

Antecedentes tecnológicos

La reproducción vegetativa de plantas y la limpieza fitosanitaria de materiales genéticos valiosos mediante la técnica del Cultivo de Tejidos *in vitro*, inició en DIECA por el año 1999 lo que se consolidó en el 2000 con la construcción y equipamiento de un laboratorio para ese fin. Los protocolos empleados (Chavarría *et al* 1999) han venido progresando y mejorando con el tiempo, llegando al empleo y dominio de la técnica moderna de “*inmersión temporal*” mediante el empleo de los denominados SETIS.

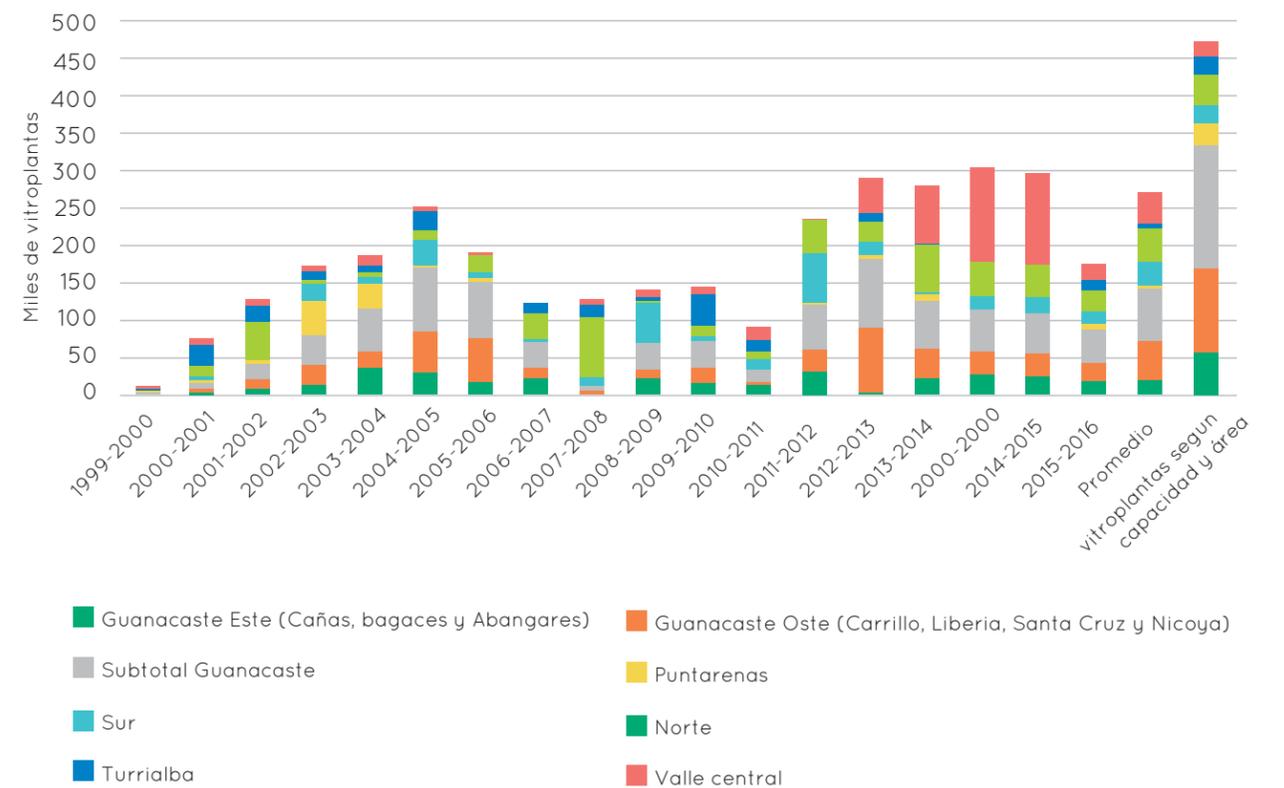
Con la implementación y operación de esta importante iniciativa tecnológica, DIECA accede a contar con material vegetativo para la siembra, establecimiento y reproducción de semilleros y plantaciones comerciales de muy alta calidad, pues además de incorporar ese instrumento biotecnológico, se abre la oportunidad de resolver varios problemas de forma integral. Sobre el tema, señala Chaves (2017a) que se da de manera adicional y agregada, la “*promoción de la hidrotermoterapia como una técnica comple-*



mentaria a la reproducción *in vitro* para el saneamiento del material vegetativo empleado como semilla, orientada a la disminución de la incidencia de las enfermedades raquitismo del retoño (*Leifsonia xyli subsp. xyli*) y escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*) ambas de origen bacteriano.”

En términos productivos ha existido mucha variabilidad entre periodos, particularmente entre los años 2005-2011, observándose un incremento sostenido en otros años, sobre todo

luego del 2012 como se aprecia en la figura adjunta, con una distribución variable entre regiones y usuarios finales, fueran ingenios azucareros o productores independientes, cuya proporción es cercana a 65/35%. Las regiones más beneficiadas con la asignación de plántulas son, en su orden: Valle Central, Guanacaste, Regiones Norte y Sur, Turrialba - Juan Viñas y el Pacífico Central.



Motivos y razones de la decisión

Circunstancias estrictamente de ahorro financiero y de procurar el uso óptimo y aprovechamiento máximo de los recursos dispuestos por la agroindustria para el beneficio de sus usuarios internos, en este caso las plantas *in vitro*, motivaron la revisión de lo actuado a la fecha en esta materia.

Acontece que por tradición y decisión jerárquica superior, históricamente las plantas reproducidas por esta vía desde el año 2000, fueron entregadas sin mediar precio alguno, basado en criterios fundamentalmente técnicos y de necesidad inmediata de quienes manifestaban el interés y contaban con las condiciones ambientales y logísticas necesarias en materia de terreno (plano, fértil), disponibilidad de agua, ubicación geográfica estratégica (en finca y localidad), disponibilidad de mano de obra calificada y aceptación de los términos protocolarios establecidos por DIECA para el manejo de tan valioso material vegetal (Salazar *et al* 2011).

Como se indicó al inicio, el giro económico sufrido por el sector azucarero en los últimos años obligan adoptar medidas estratégicas de contención del gasto y recuperación (en este caso parcial) de las inversiones realizadas, lo cual en el caso particular del programa de reproducción de plantas por medio del Cultivo de Tejidos resulta muy especial, en consideración de que constituye, como lo señalara Chaves (2017d), un destino diferente a los consignados para fines fitosanitarios y de control ambiental, al expresar que *“Los substratos orgánicos y las plantas in vitro tienen por su parte un objetivo y un destino diferente, pues operan como insumos para el aumento y mejoramiento de la productividad agroindustrial, pudiendo por ello ser o no empleados, por lo que su adquisición es discrecional y optativa dependiendo del interés y capacidad del usuario. La mejora de la productividad agroindustrial como ruta directa e insoslayable para alcanzar la ansiada competitividad no tiene ni está aquí en discusión, pues constituye una meta permanente por satisfac-*

cer en lo institucional y también en lo particular desde la perspectiva empresarial (Chaves 2017); el agricultor es en este sentido gestor directo de su propio desarrollo y beneficio, por lo que en esa misma dinámica debe actuar si desea ser competitivo (Chaves 2017d).”

Variados argumentos pueden esgrimirse para justificar y validar la aplicación de la medida adoptada por LAICA, los cuales fueron oportunamente señalados y comentados por Chaves (2017d) al puntualizar las consecuencias favorables como también los riesgos y peligros de fijar un precio a los productos biológicos generados por DIECA. En general, podrían citarse como potencialmente ventajosos los siguientes elementos:

a) Se recaudan recursos económicos importantes que contribuyen a reducir el monto de las inversiones y gastos operativos implicados en su producción.

b) Se reducen las subvenciones inconvenientes que incrementan el presupuesto de DIECA en momentos económicamente difíciles.

c) El producto entregado se valoriza más al tener el interesado que incurrir en un gasto.

Los Acuerdos

Luego de revisar y analizar lo actuado y vigente con la prudencia y razonabilidad implícitas, en contraparte con lo requerido y necesario en materia de ingresos, los señores directores adoptaron en la **Sesión de Junta Directiva Corporativa de LAICA N° 561, Artículo III, Inciso E**, celebrada el **27 de setiembre del 2017**, la decisión de **fijar un Precio de Venta a las Plantas *in vitro*** obtenidas por medio de Cultivo de Tejidos, el cual debía ser equivalente al 50% de su valor promedio de costo. Dicha decisión fue comunicada sectorialmente por la administración de DIECA, mediante **Circular N° 03-2018** difundida el día 29 de enero del 2018, como consta en actas.

La disposición fue posteriormente conocida y analizada por el Comité Asesor de DIECA en su **Sesión Ordinaria N° 97, Artículo IX**, celebrada el **5 de febrero del 2018**, cuyo **Acuerdo N° 3** concluyó en *“Avalar la decisión adoptada por la Junta Directiva Corporativa de LAICA en su Sesión N° 561, Artículo III, Inciso E, celebrada el pasado 03 de octubre del 2017, en el sentido de fijar un precio de venta a las plantas in vitro producidas por DIECA y obtenidas por medio de Cultivo de Tejidos, equivalente al 50% (US\$0,21/planta) de su valor de costo. Dicho costo aplica para todos los usuarios del sector, Ingenios y Productores Independientes. Para su operatividad se procederá próximamente a formular y comunicar el protocolo que regulará lo pertinente para operar la decisión adoptada.”*

Más recientemente, el mismo Comité Asesor de DIECA con el objeto de establecer los instrumentos y mecanismos necesarios para operar y pragmatizar la decisión adoptada por LAICA, aprobó en su **Sesión N° 102**, celebrada el día **2 de julio del 2018**, lo siguiente:

“Para efectos de operar, complementar y cumplir con los términos del acuerdo adoptado por la Junta Directiva Corporativa de LAICA en su Sesión N° 561, Artículo III, Inciso E, celebrada el día 27 de setiembre del 2017, en torno a la venta de plántulas in vitro reproducidas por medio de Cultivo de Tejidos, se resuelve lo siguiente:

1) *La forma de pago de las Vitroplantas entregadas a usuarios será por los siguientes mecanismos: a) depósito directo del monto implicado en las cuentas de LAICA, b) por deducción de su participación en las entregas de caña, c) por crédito otorgado por LAICA y d) cualquier otro mecanismo reconocido y avalado por LAICA. En dichos casos se deberá cumplir con las autorizaciones correspondientes de las partes involucradas y, satisfacer adicionalmente los requisitos vinculados establecidos para tal fin.*

2) *En caso de que la entrega de las plantas se realice mediante frascos de cultivo, los mismos*

deberán ser devueltos en buenas condiciones a DIECA en el término máximo de un mes luego de recibidas las plantas, pues de lo contrario los frascos serán cobrados a un valor de US\$1,30 por unidad.

3) *En caso de que las entregas sean realizadas en forma de almácigo contenida en cajas plásticas (≈150-200 plantas), las mismas deberán ser devueltas en el término máximo de un mes luego de recibidas las plantas, pues de lo contrario el beneficiario deberá cubrir un valor de €9.000 por unidad por costo de la caja.*

4) *En el término de dos meses, la Gerencia de DIECA deberá presentar un instructivo donde se defina y opere la manera de recibir, tramitar y entregar las peticiones y demandas de plantas reproducidas por medio de Cultivo de Tejidos in vitro a los usuarios y beneficiarios.”*



Alcances de la decisión

Por tal motivo, queda establecido que las vitropuntas entregadas a todos los usuarios sean Ingenios y/o Productores Independientes de caña, desde inicios del presente año 2018, aunque las mismas se hubieran solicitado desde antes, se les incorpora y fija un Precio de venta de US\$0,21/planta (≈¢119,70), el cual deberá ser depositado o descontado ante LAICA. El valor de cambio (US\$) aplicado será el vigente al momento de realizar la transacción de venta operado con la entrega del material vegetal al interesado.

Vale destacar que dicho valor fue estimado con el calificado concurso del Departamento Financiero de LAICA basado en costos reales y de manera muy profesional. Adicionalmente, se definen los mecanismos de pago de las plantas adquiridas y los costos implicados caso los frascos y cajas contenedoras de plantas no sean

devueltas. Los mecanismos a seguir vinculados con los trámites y protocolos de solicitud, entrega y recibo de dichos materiales vegetales están en fase de definición.

Impacto económico

El impacto económico puede ser ciertamente elevado en principio, pues la proyección del gasto incurrido en el proceso es importante. En el cuadro adjunto se anota la cantidad de plantas *in vitro* requeridas para sembrar plantaciones con diferente área: 0,25; 0,50; 0,75; 1,0 y 2,0 ha. Se proyectan los costos y la cantidad de material vegetativo requerido sembrando las mismas a dos distancias entre surcos: 1,50 m y 1,70 m, aunque siempre a una distancia de 0,75 m entre plantas, la cual se considera como recomendable. Es notorio como a menor distancia entre surcos más plantas se necesitan sembrar.

Área sembrada (ha)	Plantas requeridas a una distancia 1,50 m entre surcos	Costo US\$	Costo CR¢*	Plantas requeridas a una distancia 1,70 m entre surcos	Costo US\$	Costo CR¢*
0,25	0,25	466,62	266.020	1.961	411,81	234.773
0,50	0,50	933,24	532.040	3.922	823,62	469.546
0,75	0,75	1.399,86	798.060	5.883	1.235,43	704.319
1,00	1,00	1.866,69	1.064.200	7.843	1.647,03	938.972
2,00	2,00	3.733,38	2.128.400	15.686	3.294,06	1.977.944

* 1 us\$ = ¢570,10. Aplicado a distancias de 1,50 y 1,70 m entre surcos y 0,75 m entre plantas.





Como se infiere de la información anotada en el cuadro anterior, para sembrar una hectárea de semillero con plantas *in vitro* se requieren 8.889 unidades caso sea a una distancia de 1,50 m entre surcos, la cual se reduce a 7.843 plantas si la misma es de 1,70 m. El costo implicado en dicho caso es de US\$1.866,69 y US\$1.647,03, correspondiente a ₡1.064.200 y ₡938.972, respectivamente.

Dicho costo debe conceptualizarse como una excelente inversión en consideración de que genera potencialmente material de siembra de muy alta calidad por su alta fitosanidad, elevada capacidad de germinación, vigor y desarrollo vegetativo, como ha sido comprobado en el campo. Se estima que a partir de una hectárea de semillero básico puede obtenerse material vegetal para cultivar entre 5 y 6 hectáreas de plantación comercial.

Conclusión

La decisión está tomada y sólo resta aceptarla y cumplirla en todos sus extremos. Como se indicó

en los razonamientos que mediaron en la decisión adoptada, es importante reiterar en el hecho de que las plantas *in vitro* difieren de otros productos biológicos por concepto y uso, virtud de que intervienen e impactan directamente sobre la productividad agroindustrial y con ello sobre el sistema productivo comercial, por lo que califican en el mismo nivel de “insumos agrícolas”.

Es claro entonces que no sólo intervienen sobre la estabilidad fitosanitaria de las plantaciones, como si lo hacen los hongos entomopatógenos, los parasitoides y otros agentes y técnicas (etológicas) empleados en el control de plagas y enfermedades.

Esperemos que la adquisición de plantas obtenidas por esta vía tecnológica no se reduzca por la decisión adoptada, y los programas de reproducción de semilla básica decaigan, lo que el tiempo dirá, pues sería contraproducente y provocador al objetivo institucional de mejora sistemática que con el tiempo se han venido teniendo en el campo comercial.

No hay duda que las plantas resultado del Cultivo de Tejidos *in vitro*, representan un importante factor de mejora tecnológica para lograr alcanzar el incremento sostenido y rentable de los rendimientos agroindustriales y con ello el éxito empresarial.

Literatura citada

- Chavarría, E.; Jiménez, B.; Yeh, F. 1999. Protocolo para la reproducción masiva *in vitro* de caña de azúcar en Costa Rica. En: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. 1999. p: 117-118.
- Chaves Solera, M.A. 2016. Venta de productos y servicios técnicos e ingresos generados por DIECA en su gestión operativa institucional. Revista Entre Cañeros N° 6. San José, Costa Rica, diciembre. p: 4-15.
- Chaves Solera, M.A. 2017a. Enfoque biotecnológico integral en DIECA: pasado, presente y futuro. Revista Entre Cañeros N° 7. San José, Costa Rica, enero. p: 5-18.
- Chaves Solera, M.A. 2017b. DIECA: 35 años al servicio de la agricultura cañera costarricense. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 29 p.
- Chaves Solera, M.A. 2017c. Programa de control biológico de plagas de DIECA: 33 años apoyando la sostenibilidad económica y ambiental de la agricultura cañera costarricense. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 13 p.
- Chaves Solera, M.A. 2017d. El agricultor: gestor y protagonista de su propio mejoramiento. Revista Germinar, Órgano Informativo Oficial del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, Año 7, Edición N° 21, junio. p: 5-6.
- Chaves Solera, M.A. 2017e. Ventajas, riesgos y peligros de vender productos biológicos a beneficiarios del sector azucarero. Revista Entre Cañeros N° 9. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 3-16.
- Salazar Blanco, J.D.; Chavarría Soto, E.; Chaves Solera, M. 2011. PROTOCOLO para: *Entrega, manejo y uso de productos biológicos por parte de usuarios de la agroindustria azucarera costarricense*. Grecia, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 20 p.
- Ulloa Leitón, E. 2017. Oferta de biocontroladores de origen costarricense como insumo para la producción agrícola. San José, Costa Rica. PROCOMER Costa Rica exporta. Noviembre. 133 p.





EVALUACIÓN DE DIFERENTES PROPORCIONES DE CUATRO MATERIAS PRIMAS EN LA ACLIMATACIÓN DE VITROPLANTAS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

Juan Pablo Carvajal Quesada¹, Krissia Alfaro Recio², Roberto Alfaro Portugués³

Resumen

La evaluación de sustratos en la etapa de aclimatación de vitroplantas ha sido el tema de mayor investigación, ya que la aclimatación es el punto de culminación de todo el proceso productivo de semilla de alta calidad. Debido a esto se estableció un trabajo con el objetivo de valorar el efecto de distintas materias primas en mezcla sobre el desarrollo de las plántulas de caña de azúcar en el proceso de aclimatación bajo condiciones de invernadero.

Se realizó una evaluación de cuatro materias primas en mezcla (abono orgánico, tierra, arena volcánica y lodos industriales) en la estación experimental DIECA-LAICA en Grecia, Costa Rica. Se crearon 13 tratamientos más dos testigos, donde se utilizaron bandejas plásticas de 50 celdas, con un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones para cada tratamiento con la variedad de caña de azúcar NA 85-1602. Además se tomó una muestra del sustrato para caracterizar sus propiedades químicas y a los 90 días después de la siembra se evaluó la altura, diámetro, porcentaje de supervivencia y materia seca en follaje y raíz.

Con respecto a las características químicas, los tratamientos presentaron un pH superior al rango óptimo donde su mayoría se encontraron con pH alcalino, aunque esto no evidenció ningún problema en el momento de aclimatar las plantas. Con los macro y micronutrientes se encontró resultados encima de los rangos óptimos, donde solo el T7 fue el que tuvo deficiencias en algunos elementos. Según las variables agronómicas se encontraron diferencias estadísticas significativas en altura, diámetro, materia seca en follaje y raíz; siendo el porcentaje de sobrevivencia la única variable que no presentó diferencias estadísticas.

Los tratamientos T8 y T2 fueron los que mostraron los mejores rendimientos en diversas variables agronómicas, además de presentar propiedades químicas bajo los rangos óptimos. Se evidenció que la mezcla de las cuatro materias primas (abono orgánico, tierra, arena volcánica y lodos industriales) son ideales para la aclimatación de vitroplantas de caña de azúcar, y que las proporciones de cada una de estas varían.

¹ Ingeniero Agrónomo, funcionario del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Programa de Variedades. Grecia, Costa Rica. E-mail: pcarvajal@laica.co.cr.

² Laboratorista Química, funcionaria del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Control de Calidad. Grecia, Costa Rica. E-mail: kalfaro@laica.co.cr.

³ Ingeniero Agrónomo, funcionario del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Jefe Programa de Agronomía. Grecia, Costa Rica. E-mail: ralfaro@laica.co.cr.

Introducción

La aclimatación es una etapa fundamental en un sistema de micropropagación porque dependen de ella la eficiencia del proceso y la calidad final de las plantas producidas *in vitro*. Estas plantas en comparación con las cultivadas tradicionalmente presentan un comportamiento diferente en condiciones de invernadero o de campo. Es decir, sufren cambios morfológicos y fisiológicos que ocasionan una pérdida importante de plantas en el momento del trasplante. Por esta razón, es necesaria la aplicación de técnicas de adaptación al pasar de las condiciones *in vitro* a *ex vitro* (invernadero), donde un aspecto de gran relevancia es la selección de un sustrato adecuado para las vitroplantas (Díaz *et al.* 2004; Rivera 2011).

El sustrato es el medio donde se desarrolla el sistema radicular de la planta para así llevarse al lugar de siembra final, en donde uno de los puntos más importantes en esta selección del medio, es obtener la mejor respuesta en la adaptabilidad de las vitroplantas a condiciones *ex vitro*, las cuales no impliquen un alto costo ecológico y económico dentro del proceso de producción (Quesada y Méndez 2005a; Rivera 2011).

Existen diversas investigaciones acerca del efecto que tienen los sustratos sobre la aclimatación de las vitroplantas en diversos cultivos como helecho (Morales *et al.* 2003); papa (Leyva 2012); estevia (*Stevia rebaudiana*) (Cifuentes 2003) y zábila (Vilchez *et al.* 2007) por hablar de algunas de las investigaciones que se han realizado.

En el caso de la caña de azúcar, conociendo la importancia que este cultivo tiene en el mundo por ser el principal edulcorante; la información acerca de sustratos en la aclimatación de vitroplantas es variada y se han encontrado diversas publicaciones. En Argentina en la Estación Agroindustrial Obispo Colombres de Tucumán utilizan un sustrato desinfectado compuesto por mantillo, tierra y perlita en proporciones 3:2:1, respectivamente (Díaz *et al.* 2010). En el INTA (Argentina), realizaron un estudio utilizando lombricompost como sustrato, obtenido de deyecciones de la lombriz



roja californiana, *Eisenia foetida*, alimentada con estiércol bovino descompuesto en la variedad NA 63-90. Los tratamientos con lombricomposto favorecieron el macollaje, en diferentes concentraciones, además favoreció el crecimiento de raíces y número final de plantas, pero sin incremento de crecimiento de la parte aérea de plantas de caña de azúcar (Díaz *et al.* 2004). En México, se realizó una prueba utilizando subproductos de arroz y caña de azúcar, en mezcla con tezontle (roca volcánica). Las variedades utilizadas fueron la Mex 69-290 y CP 72-2086. El sustrato con mejores rendimientos fue el que contenía tezontle y cascarilla de arroz (60-40), y según el autor es una alternativa viable y de bajo costo para la aclimatación de vitroplantas de caña de azúcar (Rivera 2011). En Cuba, realizaron una prueba de aclimatación de plántulas de caña de azúcar con la variedad C 91-301 micropropagadas en sistemas de inmersión temporal (SIT), empleando como sustrato la mezcla de cenizas + cachaza (1:1 v: v) encontrando muy buen desarrollo de las vitroplantas de caña de azúcar (Rodríguez *et al.* 2000). En general, en el proceso de aclimatación de vitroplantas, es muy común la utilización de subproductos agrícolas; donde existen muchas posibilidades en este valioso proceso, por lo cual es muy importante valorar las cantidades ideales para una mezcla de buen crecimiento y de un valor adecuado para el sistema de producción.

Por lo cual, en búsqueda de un sustrato adecuado

para la aclimatación de las vitroplantas de caña de azúcar en la estación experimental DIECA-LAICA, se realizó esta investigación con el objetivo de valorar el efecto de cuatro distintas materias primas en mezcla sobre el desarrollo de las plántulas de caña de azúcar en el proceso de aclimatación bajo condiciones de invernadero.

Metodología

El estudio se realizó en la estación experimental DIECA perteneciente a la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), ubicada en Santa Gertrudis Sur, Grecia Costa Rica. La estación está localizada a 1005 msnm, 10°05' 18" latitud norte y 84°17' 09" longitud oeste. Este ensayo se realizó durante los meses de julio a octubre de 2015, bajo condiciones de invernadero. Se crearon 13 tratamientos con tres repeticiones cada uno y se utilizó la variedad NA 85-1602. El diseño experimental fue completamente al azar usando como unidad experimental una bandeja de 0,15 m² (27,0 x 53,5 cm) de 50 celdas con un volumen de 190 cm³ por cámara.

Los materiales utilizados para su evaluación fueron:

1. Abono orgánico: producto generado por la Cooperativa Agrícola Industrial Victoria R.L. mediante el proceso de compostaje utilizando cachaza, broza y ceniza del bagazo con una

relación de 30, 50 y 20% respectivamente (Vásquez 2015).

2. Arena volcánica: material rojizo de origen volcánico con características similares a la pómez, sustrato utilizado con éxito con tamaños de partículas entre 5 y 15 milímetros (Mora 1999).

3. Suelo: material de procedencia no definida ya que se utiliza de diversos lugares para lograr obtener el producto en el tiempo adecuado, por lo cual, la composición química y física del suelo varía con respecto al lugar de donde proviene.

4. Lodos industriales: producto que proviene de la planta de tratamiento de aguas residuales de azúcar líquido de la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar, que se encuentra en el Coyol de Alajuela; los remanentes generados del proceso del azúcar líquido: carbón activado, celita (diatomita), Vortex, Soda Cáustica, AC111 y cloros disueltos en el agua, pasan por un proceso de separación hasta recuperar los sólidos (Viquez 2015). Este fue secado de forma natural y después molido hasta quedar en partículas muy pequeñas.

Cuadro 1.

Composición química de las materias primas utilizadas en la evaluación de sustratos, estación experimental DIECA.

Materia prima	pH	cmol(+)/l				mg/l				
		Acidez	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
Abono orgánico	6,5	0,15	13,6	2,6	3,57	342	9,5	27	5	141
Suelo	6,4	0,1	12,5	3,1	3,44	315	12	39	6	117
Lodo industrial	6,6	0,1	8,1	1,8	0,77	297	5,3	20	4	165

Cuadro 2.

Sustratos evaluados en la prueba de aclimatación de vitroplantas de caña de azúcar conformado por cuatro materias primas.

Tratamiento	Proporción de materias primas (%)			
	Abono orgánico	Lodo	Suelo	Arena
T1	60	20	-	20
T2	50	20	10	20
T3	40	20	20	20
T4	30	20	30	20
T5	20	20	40	20
T6	10	20	50	20
T7	-	20	60	20
T8	38	25	38	-
T9	38	20	38	5
T10	38	20	38	5
T11	38	15	38	10
T12	38	5	38	20
T13	38	-	38	25
*TT1	10	50	15	25
*TT2	50	-	25	25

*TT: tratamiento testigo.

Evaluación de sustratos

Propiedades químicas de los sustratos

Se evaluó la densidad aparente de los sustratos mediante la obtención de una porción del sustrato, el cual fue secado utilizando un horno a temperatura entre los 60-70 °C por tres días. Una vez que el contenido estuvo completamente seco la muestra se pesó y se midió el volumen. La fórmula que se utilizó para determinar la densidad aparente (da) fue la siguiente: $da = \frac{\text{masa (g)}}{\text{volumen (cm}^3)}$. Se envió una muestra de 500 g de cada sustrato al Laboratorio de suelos, plantas, aguas y abonos orgánicos del INTA para evaluar el componente químico de cada uno. En el análisis se consideró macro y micronutrientes y pH.

Variables de aclimatación de vitroplantas

Para determinar la significancia de los tratamientos/sustratos, se evaluaron las siguientes variables durante el crecimiento y desarrollo de las plantas a los 90 días después de la siembra: materia seca de parte aérea (gramos), materia seca de raíces (gramos), porcentaje de rendimiento (plantas trasplantables/total de plantas sembradas x 100), diámetro del tallo (base del tallo) y altura del tallo (hasta el último collar visible).

Manejo de la prueba

Las materias primas fueron pesadas según las proporciones de cada mezcla para luego mezclarlos. El proceso de desinfección se llevó a cabo colocando los materiales en una autoclave a 121° C por 20 minutos para luego llenar las bandejas. Las vitroplantas provenientes de cultivo de tejidos *in-vitro*, pasan por un proceso de aclimatación por un periodo de tres días. Para la siembra son sacadas y se procede a la separación de cepas donde se trató de que tuvie-

ran raíz desarrollada o la presencia de la yema radical.

Para su desinfección las vitroplantas son colocadas en agua limpia (10 l) y se les agregó bactericida fungicida extracto semilla de cítricos (11%) (Kilol SL; 20 ml) y fungicida benzimidazol (50%) (Agrocom Carbendazin 50 WP; 10 g) y se dejaron reposar por 15 minutos. En el invernadero se les aplicó riego por aspersion todos los días.

Cuadro 3.

Fertilización realizada a las plántulas de caña de azúcar durante la etapa de aclimatación a los 35 dds por planta.

g					mg				
N	P ₂ O ₂	K ₂ O	MgO	SO ₄	B	Fe	Mn	Zn	Cl
2,4	2,2	3,6	0,54	0,96	3,0	400	4,0	4,0	200

5

Para interpretar los resultados se realizó un análisis de varianza utilizando el programa InfoStat, y se hizo una comparación de tratamientos utilizando un alfa de 0.05, utilizando Tukey; donde se evaluó a los 90 dds.



⁵ Fertilizante granulado Yara Hidrocomplex TM

Resultados y Discusión

En los resultados obtenidos, podemos observar como la densidad aparente se encuentra por encima del rango aceptado para sustratos, que es entre 0,3-0,5 g/cm³ (cuadro 4), esto se debe principalmente a que las mezclas de materiales poseen tierra y arena volcánica, lo que influye mucho en el aumento de la densidad aparente. Cabe rescatar que la densidad aparente es una variable que determina el potencial que tiene un material o mezcla de productos para ser utilizado como sustrato (Quesada y Méndez 2005a), aunque los resultados obtenidos con respecto a la densidad aparente no son calificados como negativos.

Con respecto al pH, la mayoría de sustratos se encuentran por encima del nivel adecuado (pH alcalino), lo cual se debe a la composición de abono orgánico que proviene del proceso de compostaje que aumenta el pH del material, además, la tierra y el lodo, poseen pH superiores a 6,5, como se puede observar en sus respectivos análisis (cuadro 4). Algo importante es indicar que aunque el nivel de pH en los sustratos es alto (alcalino) en la mayoría de estos, esos niveles son aptos para la aclimatación de vitroplantas de caña de azúcar, y no se presentaron deficiencias visibles de ningún elemento.

Cuadro 4.

Análisis químico de los tratamientos utilizados en la aclimatación de vitroplantas de caña de azúcar.

Tratamiento	Densidad aparente (g/ml)	pH	cmol/l			cmol/l				
			Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
T1	0,54	7,1	6,4	1,7	2,7	277	7,3	30	7	135
T2	0,54	7,1	7,0	1,6	2,1	286	6,3	34	7	139
T3	0,64	7,2	6,7	1,3	1,7	196	6,4	34	7	111
T4	0,6	7,1	5,4	1,1	2,0	197	6,7	33	8	101
T5	0,65	7,0	5,4	1,0	1,4	124	5,9	32	7	92
T6	0,73	7,1	7,5	1,1	0,9	108	3,5	29	9	85
T7	0,69	7,1	7,8	1,1	0,5	52	4,1	37	7	50
T8	0,51	7,0	4,7	0,8	1,5	140	5,2	37	7	101
T9	0,56	7,0	8,2	1,5	1,7	120	5,3	19	8	100
T10	0,55	7,0	9,0	1,6	1,7	157	5,4	26	7	115
T11	0,53	6,4	9,0	1,7	1,6	108	5,1	34	10	93
T12	0,57	6,5	7,0	1,3	1,9	111	5,4	31	8	83
T13	0,61	6,3	9,0	2,0	1,8	121	5,1	21	11	101
TT1	0,69	6,2	9,6	3,2	2,3	78	9,6	81	10	72
TT2	0,6	5,8	5,1	0,9	0,9	66	2,8	69	14	115
*Nivel óptimo	0,30-0,50	5,5-6,5	<4,63	1,6-2,8	0,64-1,02	75-150	0,2-1	30-50	0,2-2	30-50

*Nivel óptimo: Picón (2013), modificado por los autores AB (Abono Orgánico); L (Lodo); T (Tierra) y A (Arena)

En el cuadro 5, se logra observar los datos obtenidos de los análisis de los sustratos utilizados, donde la concentración más alta de Nitrógeno (N) fue en el sustrato el T13 con 1,35%, aunque varias mezclas de materiales tuvieron re-

sultados similares; Rivera (2011) obtuvo valores de 1,3% y 0,74% de nitrógeno utilizando subproductos agrícolas en mezcla de tezontle con cascarilla de arroz y cachaza, lo cual indica que los subproductos agrícolas muestran alta va-

riabilidad mineral. Con respecto al fósforo (P), los sustratos TT2 y T7 presentaron los niveles más bajos con 66 y 52 mg/l, estando estos por debajo del rango óptimo según Picón (2013); en cambio, los otros sustratos se encontraron con niveles óptimos o superiores al rango, siendo el T2 el sustrato con mayor fósforo con 286 mg/l. Se logra observar que como disminuía el abono orgánico y se aumentaba la tierra con niveles fijos de lodo y arena con 20% (T1-T7) la disponibilidad de fósforo va disminuyendo hasta llegar a niveles críticos, ya que el abono orgánico es el material que aporta mayor cantidad de fósforo según los análisis (cuadro 2), aunque el lodo y la tierra presentan altos niveles.

El Potasio (K) en los sustratos evaluados se encontró en la mayoría, por encima del rango óptimo de 0,64-1,02 cmol/l. Solo el tratamiento T7 presentó bajos niveles de K, lo cual se debe a que la tierra y el abono orgánico en combinación presentan los más altos niveles de este elemento, donde la materia prima con mayor cantidad de potasio fue el abono orgánico, seguido por la tierra con 3,57 y 3,44 cmol/l respectivamente. El Calcio (Ca) presentó niveles muy superiores a los rangos óptimos en la mayoría de sustratos, donde se obtuvieron resultados entre 4,7 - 9,6 cmol/l, siendo el rango ideal superior a 4,63 cmol/l; el tratamiento con menor cantidad de Ca fue el T8 con 4,7 cmol/l y el tratamiento con mayor cantidad fue el TT1 con 9,7 cmol/l; además el abono orgánico fue el material con la mayor can-

tidad de calcio con 13,60 cmol/l, lo cual se ve reflejado que a mayor nivel de abono orgánico, más alto se presentó el elemento calcio.

Con respecto al magnesio (Mg), los resultados se encontraron entre 0,8 - 3,2 cmol/l, por lo cual solo cuatro tratamientos se encuentran por encima o en el rango adecuado que son T1, T2, T10, T11, T13 y TT1; y el resto de tratamientos se encuentran un poco inferior al rango adecuado. Aunque las materias primas son ricas en magnesio, esto no se ve reflejado en el análisis químico, además de no observarse un efecto de incremento o descenso por los materiales, donde según Rodríguez *et al.*, (2010) concluye que el contenido de nutrientes de sustratos producidos a partir de residuos orgánicos depende del material que le dio origen y a los procesos de biotransformación. En relación a los elementos menores (Manganeso, Hierro, Cobre y Zinc) en todos los sustratos se encuentran por encima de los rangos óptimos para cada elemento.

Variables de aclimatación de vitroplantas

En los cuadros 5 y 6 se muestran los principales resultados obtenidos de la prueba de aclimatación de vitroplantas de caña de azúcar utilizando cuatro materias primas distintas en mezclas.

Cuadro 5.

Análisis de Varianza para las variables materia seca de raíces y follaje, diámetro y altura del tallo, % pérdida y pH de los tratamientos en la prueba de aclimatación de vitroplantas de caña de azúcar, estación experimental DIECA.

F.V.	Altura			Diámetro			MS Raíz			% Rendimiento			MS Follaje		
	gL	CM	F	gL	CM	F	gL	CM	F	gL	CM	F	gL	CM	F
Modelo	23	209,36	41,24	23	2,94	23,32	27	0,40	5,44	16	73,37	5,43	16	0,21	11,72
Tratamiento	14	335,71	66,12	14	4,76	37,74	14	0,66	9,09	14	83,61	6,21	14	0,24	13,25
Repetición	9	12,81	2,52	9	0,11	0,87	13	0,11	1,51	2	0,27	0,02	2	0,02	1,04
Error	426	5,08		425	0,13		602	0,07		28	13,50		28	0,02	
Total	449			448			629			44			44		
% CV	14,93			15,18			41,25			4,02			9,60		

Cuadro 6.

Prueba de medias de Tukey 5% para las variables altura, diámetro del tallo, porcentaje de sobrevivencia, pH, materia seca de follaje y raíces en la evaluación de sustratos en la etapa de aclimatación de plántulas de caña de azúcar, DIECA.

T	MS Follaje			MS Raíz			% Rendimiento			Diámetro			Altura tallo		
	Med	Sig	PRT	Med	Sig	PRT	Med	Sig	PRT	Med	Sig	PRT	Med	Sig	PRT
T1	1,73	ab	170	0,78	a	147	96	abc	98,63	2,55	bcd	148,3	17,28	ab	188,9
T2	1,87	a	183	0,73	abcd	138	88,67	abcd	91,1	2,83	ab	164,5	19,03	a	208
T3	1,66	ab	163	0,5	f	94	89,33	abcd	91,78	2,51	cd	145,9	17,35	ab	189,6
T4	1,71	ab	168	0,55	cdef	104	94,67	abc	97,27	2,62	bcd	152,3	16,18	bcd	176,8
T5	1,8	ab	176	0,8	a	151	94,67	abc	97,27	2,68	abc	155,8	16,98	b	185,6
T6	1,52	ab	149	0,56	cdef	106	98	a	100,7	2,54	bcd	147,7	16,41	bc	179,3
T7	1,53	ab	150	0,7	abcde	132	86,67	bcd	89,05	2,15	ef	125	14,88	cd	162,6
T8	1,79	ab	175	0,87	a	164	80	d	82,19	2,95	a	171,5	17,93	ab	196
T9	1,75	ab	172	0,76	ab	143	86	cd	88,36	2,39	cde	139	17,51	ab	191,4
T10	1,83	ab	179	0,7	abcdef	132	90	abcd	92,47	2,44	cde	141,9	17,35	ab	189,6
T11	1,59	ab	156	0,75	abc	142	90	abcd	92,47	2,32	de	134,9	14,36	de	156,9
T12	1,35	bc	132	0,57	bcdef	108	94	abc	96,58	1,92	fg	111,6	12,47	ef	136,3
T13	1,26	bc	124	0,54	def	102	98	a	100,7	1,77	g	102,9	11,4	f	124,6
TT1	0,98	c	96	0,5	f	94	97,33	ab	100	1,72	g	100	9,15	g	100
TT2	1,02	c	100	0,53	ef	100	86,67	bcd	89,05	1,72	g	100	8,07	g	88,2

Med = Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
 PRT: Porcentaje con respecto al mejor testigo; Sig: significancia según el análisis de varianza

Materia seca del follaje

Con base en los resultados obtenidos (cuadro 5), se presentaron diferencias estadísticas significativas con respecto a los testigos en los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10 y T11. El mejor resultado obtenido de materia seca en el follaje a los 90 días después de la siembra fue en el T2 con 1,87 g constituido por 50% abono orgánico, 20% lodo industrial, 10% tierra y 20% arena el cual fue 83% mejor que el testigo TT2. En la prueba de aclimatación de Rivera (2011) obtuvo a los 60 días, 0,3 g de materia seca en el vástago con el mejor tratamiento utilizando tezontle y cascarilla de arroz. En general, todos los tratamientos fueron superiores a los testigos y los rangos estuvieron entre 24-83 % más de materia seca en el follaje con respecto al mejor testigo TT2 (cuadro 6).

Utilizando niveles fijos de lodos y arena en 20%, conforme aumenta el abono orgánico, se encuentra

una mayor cantidad de materia seca en el follaje de la planta, solo en el tratamiento 1, donde no hay tierra no se presenta ese efecto. En los tratamientos T1 al T7, se observa que la tierra y el abono orgánico muestran buenas interacciones en combinación, donde el abono orgánico debe ser mayor que la tierra; también se logra apreciar que utilizando niveles fijos de abono orgánico y tierra en 37,5%, conforme aumenta el lodo en la mezcla, incrementa la cantidad de follaje en las vitroplantas de caña de azúcar. Es importante recordar que la materia seca de la parte aérea muestra la vigorosidad y el desarrollo foliar, por lo que es importante conocer el desempeño de la variable en los sustratos evaluados (Picón 2013), además que un material con alta cantidad de follaje y en buen estado (libre de enfermedades, plagas y deficiencias) demuestra estar utilizando un sustrato adecuado.

Materia seca de raíces

La variable de peso seco del área radical, presentó diferencias estadísticas significativas en los tratamientos T1, T2, T5, T8, T9, T11 con los sustratos testigos (TT1 y TT2) según la prueba de Tukey al 5% (cuadro 6), donde los tratamientos con los mejores rendimientos fueron el T1, T5 y T8 con pesos de 0,78, 0,80 y 0,87 g respectivamente a los 90 dds. Rivera (2011) obtuvo resultados en las variedades CP 72-2086 (0,4 g) y Mex 69-290 (0,25 g) en diferentes mezclas con subproductos agrícolas a los 60 dds.

Los sustratos que mostraron mejor interacción, son los compuestos con cantidades constantes de tierra y abono orgánico en 37,5% y conforme aumenta el lodo industrial, acrecienta la cantidad de raíces, en cambio en las variaciones de tierra y abono orgánico, no se muestra un efecto constante entre las mezclas.

Porcentaje de rendimiento

El porcentaje de rendimiento de plantas a los 90 dds, presento una sobrevivencia entre el 80-98% donde el sustrato que presentó mayor cantidad de pérdidas (20%) fue el T8 compuesto por abono orgánico (37,5%), tierra (37,5%), lodos industriales (25%) y arena (0%) siendo diferente estadísticamente al testigo TT1, y los tratamientos con menor pérdida fueron T6 y T13.

En esta variable no se encontró un común denominador responsable de la pérdida, ya que en diversas proporciones de los materiales a mezclar se presentó pérdidas; además es muy común que no todo el material sea viable al finalizar esta etapa, y varía con respecto a la calidad, variedad y época del año. Según Rivera (2011) en su estudio de aclimatación de vitroplantas obtuvo entre 60-98% de rendimiento materiales a los 30 dds presentando mayores pérdidas con el sustrato tezontle-cachaza en la variedad CP 72-2086.

Diámetro del tallo

En esta variable se encontraron diferencias estadísticas significativas según Tukey al 5% con respecto a los testigos TT1 y TT2 como se puede ver en el cuadro 6, donde los tratamientos con mejores resultados fueron T8 y T2 que obtuvieron un grosor

de 2,95 y 2,83 cm respectivamente a los 90 días en la variedad NA 85-1602. Rivera (2011) obtuvo a los 60 días un rango del diámetro del tallo entre 1,7-3,1 cm en el material CP 72-2086 y en la variedad Mex 69-290 un rango de 1,7-2,2 cm; por lo cual el grosor obtenido en la investigación se encuentra entre los rangos aceptables. Es importante conocer que el grosor del tallo es un indicador del estado vigoroso de una plántula, por lo cual a mayor grosor mejor se encuentra la planta. Además cabe resaltar que el aporte nutricional que brindaron estos sustratos y sus adecuadas propiedades físicas, ofrecieron las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas (Quesada y Méndez 2005b). En esta variable se puede observar que altas proporciones de abono orgánico (37,5-50%), lodos industriales (20-25%) y bajas cantidades de tierra (20-37,5%) y arena (0-20%) fue donde se encontró los mejores resultados de grosor.

Altura del tallo

La mayor altura fue en el T2 con 19,03 cm donde se encontraron diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey al 5% con respecto a los testigos, donde otros sustratos con buenos rendimientos fueron el T1, T3, T8, T9 y T10 donde se puede extraer que altas cantidades de abono orgánico en mezcla con dosis crecientes de lodo industrial brinda los mejores resultados. En cambio en los materiales arena y tierra, los resultados son variables ya que en cantidades bajas y altas han brindado comportamientos favorables en mezcla con altos contenidos de abono orgánico y lodos; que como lo indica Schnelle y Henderson (1991) citado por Quesada y Méndez (2005b), las condiciones fisicoquímicas de cada sustrato definen el comportamiento de las variables agronómicas como en este caso la altura de las plantas. En la prueba de sustratos de vitroplantas de caña de azúcar (Rivera 2011), en la variable altura, se obtuvo un crecimiento a los 60 dds en la variedad CP 72-2086 de 19 cm y en la Mex 69-290 de 13 cm (Rivera 2011), por lo cual, los datos obtenidos son muy favorables utilizando el T2 principalmente para la variable agronómica de la altura.



Conclusiones

La utilización del abono orgánico, los lodos industriales, la arena volcánica y tierra en mezcla demuestran ser muy buenas opciones para la aclimatación de vitroplantas de caña de azúcar.

Los tratamientos T8 y T2 demostraron las mejores características agronómicas en las variables altura, grosor del tallo, materia seca de follaje y raíces. Para los componentes de los tratamientos, se identificó que altos niveles de abono orgánico (30-50%), utilización de lodo industrial (15-25%), baja cantidad de arena (5-20%) y tierra (10-30%) brindan los mejores resultados para aclimatación de vitroplantas.

El lodo industrial no mostró ningún efecto negativo en la planta, más bien se identificó que al aumentar la dosis de este material, se incrementaba la materia seca en follaje y raíz.

Con base en los resultados analizados los sustratos testigos TT1 y TT2 presentan deficiencias de carácter físico y químico, por lo cual es vital cambiar estas mezclas por otras alternativas para obtener un crecimiento mayor en materia seca de follaje y raíz.

El T7 fue el tratamiento más deficiente en la parte química, ya que se encuentra con resultados inferiores a los rangos óptimos en los elementos Mg, K y P, mientras que el T8, presentó resultados apenas en los rangos óptimos. El abono orgánico es un material muy importante que en mezcla con suelo, forma un sustrato muy apto para la aclimatación de vitroplantas en la parte fisicoquímica.

Bibliografía

- Cifuentes, E. 2003. Enraizamiento *in vitro* y aclimatación de *Stevia rebaudiana* B. Tesis de licenciatura. Honduras. El Zamorano. 49 p.
- Díaz, C; Cuenya, M; García, M. 2010. Etapa de aclimatación y crianza de vitroplantas de caña de azúcar en invernáculo. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes. Tucumán, Argentina. 21-26 p.
- Díaz, L; Medina, L; Latife, J; Digonzelli, P; Sosa, S. 2004. Aclimatación Aclimatación de plantas micropropagadas de caña de azúcar utilizando el humus de lombriz. RIA (INTA), 33(2), 115-128.
- Leyva, H. 2012. Evaluación del efecto del tipo de sustrato y nutrición en la aclimatación de vitroplantas de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L., ssp. *tuberosum*). Tesis de maestría. Guasave, Sinaloa México. Instituto Politécnico Nacional. 70 p.
- Mora, L. 1999. Sustratos para cultivo sin suelo o Hidroponía. In XI Congreso Nacional Agronómico/ III Congreso Nacional de Suelos (pp. 95-100). San José, Costa Rica.
- Morales, C; Montes, S; Paneque, V; Corera, J. 2003. Comunicación corta: Aclimatación de vitroplantas de helechos a través del Cultivo *In Vitro* de esporas utilizando diferentes sustratos formados a partir de distintos abonos orgánicos. Cultivos Tropicales, 24(3), 29-31.
- Picón, R. 2013. Evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones del cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* mill. en los municipios de Esquipulas y Chiquimula, departamento de Chiquimula, Guatemala. (Tesis de Licenciatura). Chiquimula, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 127 p.
- Quesada, G; Méndez, C. 2005a. Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. Rev. Agr. Trop., 35, 1-13.
- Quesada, G; Méndez, C. 2005b. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. Agronomía Mesoamericana, 16(2), 171-183.
- Rivera, L. 2011. Aclimatación de vitroplantas y tolerancia a cadmio en caña de azúcar. Tesis de Maestría en Ciencias. Montecillo, Texcoco, México. Colegio de Postgraduados. 105 p.
- Rodríguez, R; Escalona, M; Rodríguez, Y; Cid, M; González, J. 2000. Aclimatización de plántulas de caña de azúcar (*Saccharum* sp. híbrido) provenientes de sistemas de inmersión temporal. Cultivos Tropicales, 21(3), 51-56.
- Vásquez, R. 05 ene. 2015. Fabricación del abono orgánico: propiedades químicas y físicas (entrevista) Grecia, Costa Rica. Cooperativa Agrícola Industrial Victoria R.L.
- Vílchez, J; Ramírez, E; Villasmil, M; Albany, N; León, S; Molina, M. 2007. Aclimatización de vitroplantas de zábila (*Aloe vera* (L.) Burm. f): efectos del sustrato. Rev. Fav. Agron., 24 (Supl. 1), 57-61.
- Viquez, W. 26 jul. 2015. Proceso de obtención de lodos de planta de azúcar líquida LAICA. (Comunicación escrita) El Coyol Alajuela, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar.



PRESENCIA DE HORMIGA LOCA *Nylanderia fulva* (Hymenoptera: Formicidae) EN PLANTACIONES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL VALLE CENTRAL.

Jose Daniel Salazar Blanco¹, Eduardo Cadet Piedra², Rodrigo Oviedo Alfaro³

Antecedente

En el mes de octubre del 2017 se reportó la presencia de abundantes colonias de hormigas en la finca El Tejar, ubicada en la parte baja del cantón de Grecia (a menos de 800 msnm), zona de influencia de la finca La Argentina. Altas poblaciones de esta hormiga se encontró debajo de material orgánico en descomposición al borde de un cañal en proceso de cosecha para semilla. En la finca La Argentina se observó en los callejones entre las plantaciones de caña de azúcar.

Funcionarios del SFE recolectaron unas muestras para la identificación llegando a establecer que

esta hormiga pertenece al género *Nylanderia*. Otras muestras se entregaron al Dr. Paul Hanson (Biología, UCR) quien las remitió al Dr. John Lapolla de Towson University de Maryland quien confirma que la hormiga es *Nylanderia fulva*. El Dr. Hanson indica que es el primer registro de esa especie en el país. Actualmente existe una comisión intersectorial en Grecia dirigida por funcionarios del SFE, de la cual LAICA forma parte, que está coordinando diversas labores sobre este tema.



Figura 1.

Hormiga loca (*Nylanderia fulva*). Foto: H. Lezama, UCR.

¹ Ingeniero Agrónomo, funcionario del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Programa de Fitosanidad. Grecia, Costa Rica. E-mail: jsalazar@laica.co.cr. Teléfono (506) 2494-1129/ (506) 2494-7555

² Ingeniero Agrónomo, funcionario del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Programa de Fitosanidad. Grecia, Costa Rica. E-mail: ecadet@laica.co.cr. Teléfono (506) 2494-1129/ (506) 2494-7555

³ Técnico Agrícola, funcionario del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Programa de Fitosanidad. Grecia, Costa Rica. E-mail: roviedo@laica.co.cr. Teléfono (506) 2494-1129/ (506) 2494-7555

NOTAS TÉCNICAS

Descripción de la hormiga loca

El ciclo de vida de la hormiga difiere entre las obreras y las reinas. En condiciones de laboratorio (temperatura 24-26°C y humedad relativa 65-70%)

las obreras completan su desarrollo entre 23 y 50 días, mientras la reina tarda entre 43 y 70 días (CENICAÑA, Colombia).

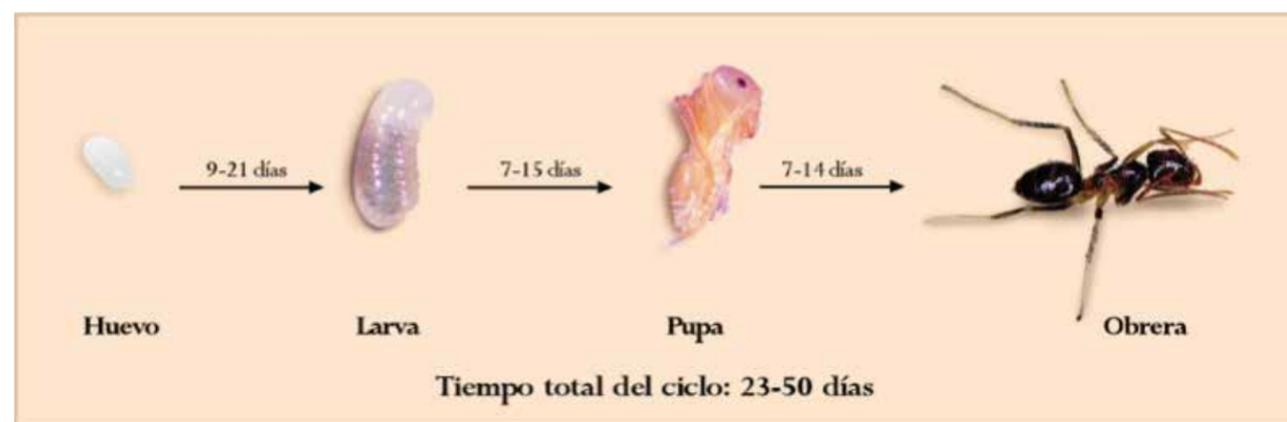


Figura 2.

Ciclo biológico de las obreras de hormiga loca en condiciones de laboratorio. Fuente: Gómez *et al* 2013.

Esta hormiga es originaria de Brasil. Se introdujo a algunos países como Paraguay, Argentina, Colombia y Estados Unidos para que depredaran otras hormigas y serpientes (algunas introducciones fueron ilegales). Tiene una gran capacidad de colonizar nuevas áreas.

Se refugia debajo de la hojarasca u otros desechos del cultivo en descomposición donde mantiene sus nidos. Puede tener relación simbiótica con insectos chupadores como áfidos y cochinillas al alimentarse de sustancias azucaradas que ellos excretan durante su proceso de alimentación por tanto puede encontrarse en los tallos o en las hojas. Es depredadora de otros insectos, reptiles y algunos mamíferos pequeños. Reduce la diversidad biótica en un área determinada al desplazar a otras hormigas nativas. Referencias indican que puede transportar patógenos de plantas, animales y del humano. No tiene aguijón con veneno pero produce alta cantidad de ácido fórmico como mecanismo de defensa.

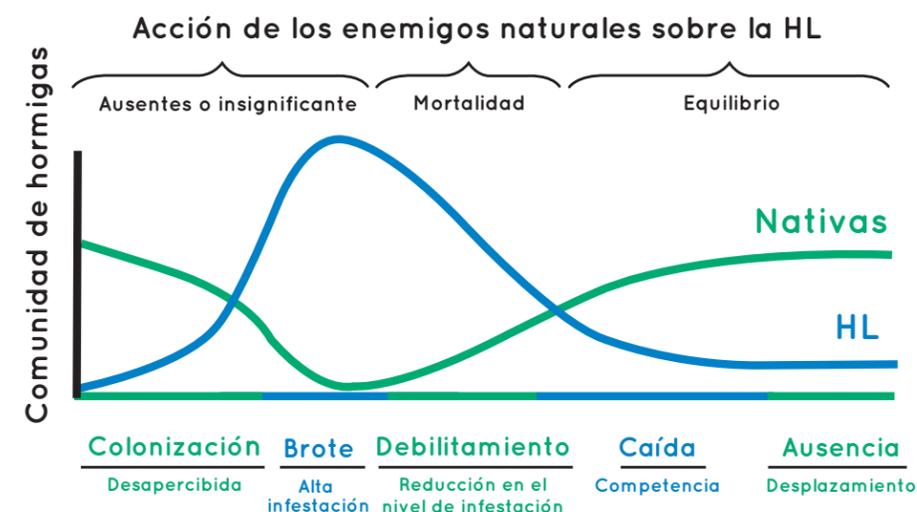
Al no haber reporte de reinas reproductoras aladas, la dispersión a largas distancias la realiza el humano al transportar plantas, equipo o maquinaria con la hormiga presente. La quema a la cosecha es un inductor para la producción de reinas.

Existe una teoría respecto a la aparición y fluctuación poblacional de la hormiga loca propuesto por Vargas *et al* 2004. Esta fluctuación está compuesta por cinco etapas: colonización, brote, debilitamiento, caída y ausencia de poblaciones (figura 3). Es dependiente de la ausencia de enemigos naturales y la competencia con otras hormigas nativas en las primeras dos etapas. Con el pasar del tiempo (años) se restablecen las hormigas nativas, aparecen enemigos naturales causantes de enfermedades, depredadores y parásitos y por lo tanto la población de la hormiga loca disminuye estableciéndose un equilibrio.

Referencias recientes de la Universidad de Luisiana indican el potencial de usar

controladores biológicos como una mosca parasitoides, dos microsporidios y un virus, pero están en procesos insipientes de investigación a pesar que han trabajado en el tema de hormiga loca desde el año 2002. Uno de los enemigos naturales que se reportan en Colombia es el ácaro *Macrodynechus sellnicki* parásito de la hormiga loca. Existen insecticidas que han de-

mostrado particular eficacia para el control entre ellos Fipronil, Imidacloprid y Deltametrina, los dos primeros registrados en el cultivo de caña de azúcar en Costa Rica. La elaboración y aplicación de cebos es la principal estrategia de control.



Etapas en la Invasión de la HL

Figura 3.

Diagrama teórico de la fluctuación poblacional de hormiga loca en el tiempo. Fuente Gómez *et al* 2004.

Puede ser un problema serio en casas, bodegas o granjas debido a su capacidad invasiva, lo que ya se ha reportado en esa localidad de Grecia. Reportes de otros países hacen referencia que por su alta densidad de poblaciones pueden provocar la muerte de animales domésticos indefensos al introducirse por la nariz y boca o afectar órganos como los ojos. Esto puede ser importante porque pueden intervenir en el proceso de manejo y prevención instituciones como Ministerio de Salud, SENASA y otras. Desde que se reconoció esta situación se han realizado inspecciones en otras regiones cañeras del país pero no se ha observado su presencia.

Monitoreo de infestación de hormiga loca.

El entomólogo Germán Vargas de CENICAÑA compartió información sobre el método de monitoreo que ejecutan en las plantaciones de caña de azúcar en Colombia. El monitoreo se realiza mediante la colocación de trampas confeccionadas con cajas o tazas plásticas con ocho perforaciones a los costados o en la tapa. Dentro de la trampa se coloca una rodaja de salchicha que sirve de atrayente a las hormigas.

NOTAS TÉCNICAS

Se recomienda colocar las trampas en altas densidades (hasta 50/lote) distribuidas al azar a cualquier hora del día en los bordes y dentro de las plantaciones y deben mantenerse en el sitio entre una y dos horas. Cuando se contabiliza 100 o más individuos de hormiga loca por trampa es indicativo de una alta infestación en donde se

debe intervenir con un método de manejo (Comunicación personal Germán A. Vargas, 2017).

Este sistema de monitoreo con las trampas fueron validadas en la finca La Argentina en donde se demostró su eficacia por la atracción de las hormigas.



Figura 4.

Trampas recomendadas para el monitoreo de la hormiga loca (*Nylanderia fulva*).

Control de hormiga loca con cebo tóxico

Tecnología desarrollada por el ICA en Colombia, recomendada por CENICAÑA y utilizada en las plantaciones de caña ha sido el método más racional para el manejo de poblaciones de hormiga loca. Este método es práctico y de bajo costo y ha mostrado alta efectividad en el control de la hormiga en condiciones donde hay residuos de cosecha o plantaciones desarrolladas. El cebo consiste en un atrayente alimenticio (harina de pescado) impregnado con una dosis baja de insecticida (fipronil) y un tamaño de partícula (conveniente el de bagacillo de caña) que permite el traslado por las obreras del cebo a los nidos donde se encuentran los huevos, larvas y obreras, machos y reinas que son intoxicadas.

Para definir el criterio de aplicación, se debe de

evaluar las poblaciones en las zonas infestadas un mes después de la cosecha. Si la captura en las trampas es superior a 100 obreras se hace uso de los cebos tóxicos entre 1 y 5 meses después de la cosecha, periodo en que se puede ingresar a las plantaciones. La distribución del cebo se hace de forma uniforme al voleo intentando recorrer el campo por los entresurcos, que es donde en su mayoría anidan las hormigas. Si se requiere aplicar en un cultivo de caña con una edad más avanzada, la distribución de cebo debe hacerse alrededor del campo, pero entrando al menos 10 metros en los surcos para una mejor distribución. Es importante aplicar al voleo para la distribución más amplia de las partículas pequeñas. La aplicación del cebo reduce las poblaciones de hormiga loca y las mantiene bajas hasta por lo menos tres meses. La composición del cebo para aplicar en una hectárea de caña de azúcar u otras áreas afectadas es la siguiente:



Cebo para control de hormiga loca (<i>Nylanderia fulva</i>)		
Cenicaña 2017		
Formulación del cebo en agua		
Componentes	Unidad	15 kg
Harina de pescado	kg	0,75
Bagacillo	kg	2,25
Fipronil	ml	0,48
Agua	l	12,00
Total	kg	15,00
Dosis/ha = 15 kg		
Mezclar la harina de pescado con el agua, adicionar el insecticida. La solución se mezcla con el bagacillo homogenizando el cebo.		

Validación de cebos tóxico

Se procedió a validar la eficacia del cebo tóxico en un área infestada de hormigas en la finca La Argentina. Los resultados del monitoreo previo a la aplicación dieron como resultado promedio 51,8 hormigas por trampa (100 trampas utilizadas). Ocho días después de la aplicación del cebo se obtuvo un promedio de hormigas de 4,4/trampa (figura 5).

Se estableció una escala por rangos de captura (DIECA) según la cantidad de hormigas en las trampas antes y después de la aplicación del cebo tóxico obteniendo el siguiente resultado:

Rango de capturas	Trampas	
	Antes	Después
0 a 25	38	96
26 a 50	12	1
51 a 75	12	2
76 a 100	13	0
>100	25	1
Total	100	100

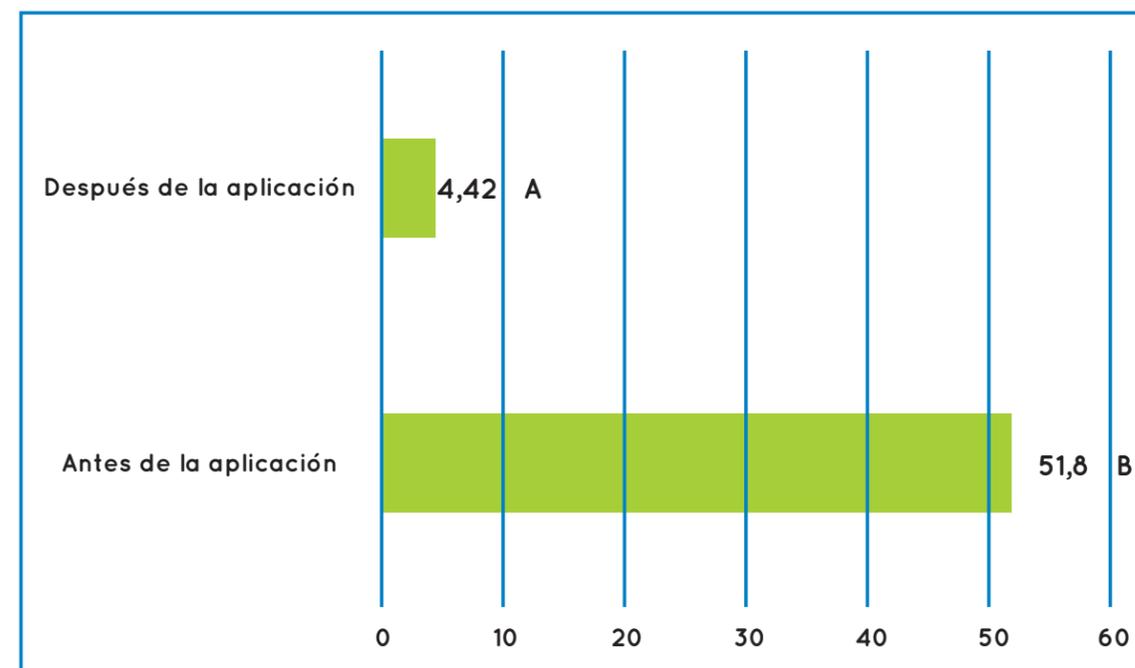


Figura 5.

Promedio de hormiga loca por trampa antes y después de la aplicación de cebo tóxico. La Argentina, Grecia. 2017.



Conclusiones

- Es posible que esta hormiga no se comporte como una plaga agrícola de manera directa, pero tiene la particularidad de asociarse con insectos con potencial de provocar daños en el cultivo de la caña de azúcar como los áfidos, cochinillas y escamas.
- Se considera que la fluctuación poblacional de la hormiga en la región puede estar en la etapa de alta infestación (brote) por lo tanto las medidas de manejo y control son de gran importancia.
- Se demuestra que el método de muestreo de la hormiga loca permite conocer los niveles de infestación en las plantaciones de caña de azúcar, evaluar la eficacia del control y podría funcionar para establecer la dinámica de poblaciones.
- Es muy importante contar con el cebo tóxico para el manejo de poblaciones de hormiga loca lo que permitirá aplicar medidas de contención de las poblaciones y la invasión acelerada en nuevas áreas de cultivos.
- Se demostró la eficiencia del cebo sobre las poblaciones de hormiga loca al bajar las poblaciones en un periodo de ocho días.
- Se evidencia mayor infestación de hormiga loca en lotes con residuos de cosecha, por tanto el manejo de los mismos puede ser un factor a considerar.

Referencias bibliográficas

- Gómez LA; Arcilla, AM; Lastra, LA; Chacón PA. 2012. Algunas bases biológicas para el manejo de la hormiga loca *Paratrechina fulva*. Carta Trimestral n° 1, vol. 24. CENICAÑA, 2012.
- Vargas GA; Díaz PA; Lastra LA, Mesa NC, Zenner PI, Gómez LA. 2004. Reconocimiento de enemigos naturales de la hormiga loca, *Paratrechina fulva* (Hymenoptera: Formicidae), en el municipio de El Colegio (Cundinamarca) y en el valle del río Cauca. Revista Colombiana de Entomología 30(2): 225-232 (2004).

Recomendaciones

- Es importante realizar un diagnóstico de presencia en las áreas cañeras del Valle Central y ser vigilantes en las otras regiones del país, especialmente las que tienen condiciones de ambiente similares.
- Evitar el transporte de material vegetativo para reproducción de caña de áreas infestadas a otras libres de hormiga loca.
- Evaluar el efecto de la quema de residuos de cosecha sobre las poblaciones de hormiga loca en áreas con mayor incidencia.
- Aplicar el cebo tóxico en áreas con niveles de infestación alto determinados mediante el monitoreo con las trampa cebadas con salchicha.
- Sería muy conveniente que alguna institución que cuente con infraestructura adecuada, pueda formular las cantidades requeridas de cebo para el control de la hormiga loca.

