Sabe a lo que nunca has probado

Nuevas bebidas instantáneas

Bajo en calorías

Con extracto de Stevia

Descubrí tu sabor

REVISTA

ENTRE CAÑEROS

NÚMERO 12 • AGOSTO 2019
Revista trimestral del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA

ENTRE CAÑEROS

PRESENTACIÓN

Con gusto ofrecemos al sector azucarero y agrícola en general el ejemplar número 12 de nuestra revista Entre Cañeros.

Compartimos en esta oportunidad un importante artículo que describe el procedimiento con el que se pretende regular las solicitudes, distribución, y asignación de la producción del almácigo in vitro producido por el Programa de Cultivo de Tejidos del Departamento de investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), de manera que se logre consolidar un procedimiento más equitativo y organizado en la cobertura de los servicios de este programa.

También se incluye un notable artículo sobre un nuevo proyecto del Programa de Variedades, que pretende estimular mediante iluminación artificial la floración de la planta con fines de aprovechamiento en el cruzamiento de individuos para la obtención de nuevas variedades de caña de azúcar. Esta técnica permitirá expandir la capacidad de cruzamientos del Programa al inducir a floración los progenitores que no florezcan naturalmente o que florecen de manera desfasada en relación o otros.

Finalmente tenemos un aporte en el área del manejo de plagas que tiene que ver con las termitas o comején en plantaciones de caña de azúcar, cuya incidencia se ha incrementado llamando la atención de técnicos y productores.

Esperamos que este número sea de su completo agrado y aprovechamiento, y seguimos invitando a que nos hagan llegar sus comentarios vía correo electrónico a la dirección echavarria@laica.co.cr.

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

CONTENIDO

01
Presentación

03
DIECA establece regulaciones protocolarias para la entrega, recibo, manejo y uso de plantas originadas a partir de Cultivo de Tejidos *in vitro*

17
Inducción floral y su importancia en la investigación genética y la producción comercial de la caña de azúcar (*Saccharum* spp) en Costa Rica.

33
Las termitas en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.)

Revista Entre Cañeros
Número 12, 29 de agosto del 2019.

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

Fechas memorables:

24 de agosto de 1940: creación de la Junta de Protección a la Agricultura de la Caña mediante ley N°359.

22 de septiembre de 1998: creación de la Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar mediante ley N°7818."

En el Sector Cañero Azucarero Costarricense decimos:

NO Trabajo Infantil

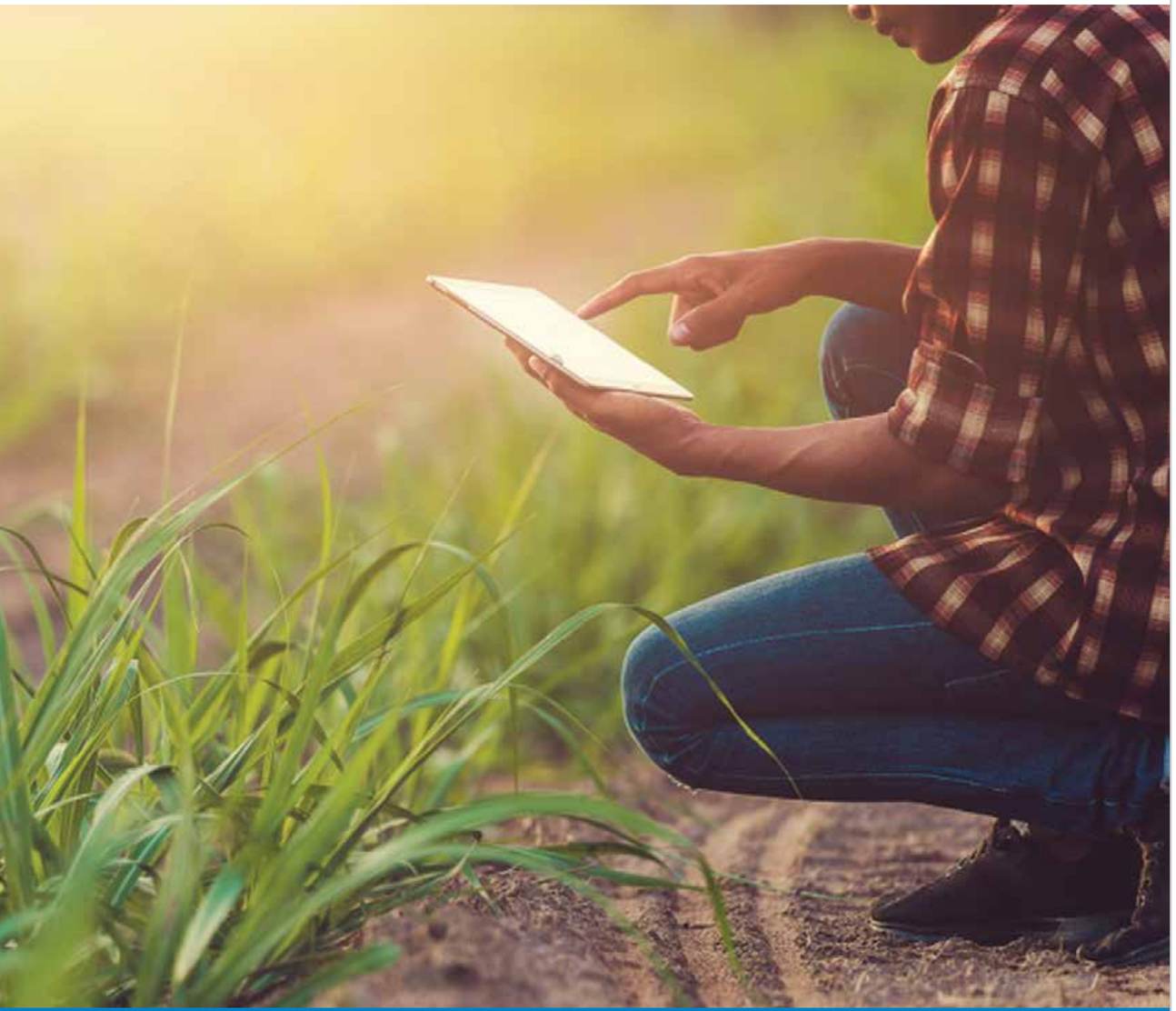
¿Qué legislación existe en Costa Rica, para proteger a los niños y adolescentes?

- Constitución Política.
- Código de la Niñez y la Adolescencia
- Código de Trabajo
- Ley 8922 Prohibición del trabajo peligroso e insalubre para personas adolescentes trabajadoras.

¿Qué dice la legislación?

Trabajo Infantil (0-15 años) Es Prohibido	Trabajo adolescente (15-17 años) Permitido con regulaciones
• No permite que los niños se desarrollen física, emocional y psicológicamente. • Les puede causar enfermedades,lesiones o deterioro en la salud. • Causa bajo rendimiento o abandono de la educación.	• Se le debe facilitar al adolescente el espacio para estudiar y asistir al centro educativo. • Se le deben dar las mismas garantías como remuneración y vacaciones que a una persona adulta. • La jornada no puede ser mayor a 6 horas diarias ni 36 semanales. • No pueden realizar trabajo nocturno ni trabajos peligrosos, como: • Estar en espacios insalubres con altas temperaturas, espacios cerrados, alturas peligrosas o estar bajo tierra. • Utilizar herramientas o maquinaria peligrosa. • Levantar peso mayor a 15 kg los hombres y 10 kg las mujeres.

LAICA RSE



"Esta es una sección para opinión y discusión sobre temáticas de índole 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."

DIECA ESTABLECE REGULACIONES PROTOCOLARIAS PARA LA ENTREGA, RECIBO, MANEJO Y USO DE PLANTAS ORIGINADAS A PARTIR DE CULTIVO DE TEJIDOS *IN VITRO*

Marco A. Chaves Solera[1]

Introducción

Entre las diferentes estrategias e iniciativas tecnológicas desarrolladas por la agroindustria azucarera costarricense, prevalece en varias temáticas vinculadas con la producción de caña y la fabricación de azúcar, el empleo de tecnologías modernas, inclusivas y accesibles orientadas al uso de recursos, metodologías y agentes no degradantes y contaminantes del ambiente; las cuales se enfocan en dos direcciones: 1) al campo fitosanitario, vinculado con el control de plagas y enfermedades que impactan el cultivo (Chaves 2017a) y 2) al de incremento de la productividad agroindustrial (Chaves 2013, 2014, 2016).

Para cumplir esa transcendental meta sectorial e institucional, **DIECA** ha desarrollado y consolidado luego de un largo proceso de investigación, validación y adaptación de campo y laboratorio, iniciado en el año 1982, una sólida, efectiva y moderna estrategia de **Control Biológico de Plagas**, operada bajo diferentes principios y didácticas integradas y conceptualizadas en el **Manejo Integrado de Plantaciones (MIP)**. Con ese enfoque emplea el **control biológico** de plagas mediante **parasitoides** como el caso de la avispa *Cotesia flavipes* y **hongos entomopatógenos** de los géneros *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*.

Complementariamente, desde el año 2000 DIECA viene operando y consolidando una iniciativa biotecnológica para impulsar el incremento sostenido de la productividad agroindustrial, mediante el empleo de semilla de alta calidad y pureza genética; para lo cual construyó y acondicionó un moderno **Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales** para la reproducción vegetativa *in vitro* de variedades promisorias y comerciales de caña, con el fin de favorecer el establecimiento de **semilleros básicos**. La técnica *in vitro* se ha vinculado al tratamiento por hidrotermoterapia (inmersión de la semilla en agua a 51°C por una hora) del material reproductivo, como táctica efectiva para auspiciar incremento de la productividad (Chaves 2013, 2014, 2016, 2017ab).

[1]Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Gerente. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA), Costa Rica. E-mail: mchavezs@laica.co.cr. Teléfono (506) 2284-6066 / Agosto 2019.

Con el objeto de organizar, ordenar y facilitar el acceso de los beneficiados a las plantas in vitro, se definieron y aprobaron por parte de LAICA, medidas protocolarias que regulan la ***"Entrega, recibo, manejo y uso de plantas originadas a partir de Cultivo de Tejidos in vitro, por parte de usuarios de la agroindustria azucarera costarricense."***; documento disponible para consulta (Chaves y Chavarría 2019) y cuyos elementos básicos se anotan seguidamente.

Objetivos

Objetivo principal

* El Protocolo define los criterios técnico-administrativos implicados con el procedimiento institucional empleado por DIECA, para operar la solicitud, asignación, distribución, recibo, manejo y buen uso de las plantas originadas en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos *in vitro*, por parte de usuarios de la agroindustria azucarera nacional que son beneficiados con el otorgamiento de las mismas.

Específicos

a) Establecer un criterio justo, razonable y equitativo para operar la asignación de *vitroplantas* a los diferentes usuarios demandantes.

b) Explicar la forma y el mecanismo empleado para estimar la demanda anual de material vegetal requerido de acuerdo con las calidades de los diferentes usuarios.

c) Definir el mecanismo técnico-administrativo utilizado para operar la distribución y redistribución de plantas a los beneficiarios seleccionados.

d) Estructurar y formular el Protocolo aplicado en la gestión de solicitud, retiro y recibo de plantas *in vitro*.

e) Ubicar las actividades y labores implicadas en la siembra, manejo y buen uso del material vegetal reproducido por medio de cultivo de tejidos.

f) Dejar establecidas las obligaciones, sanciones y exenciones institucionales implicadas por causa del uso indebido del material vegetal entregado.

g) Definir criterio y poner valor al producto, en torno a posibles ventas a usuarios (internos, externos) interesados en adquirir *vitroplantas*.

Principio institucional fundamental

Se tiene por cierto y aceptado en el sector azucarero, que el destino primordial y primario de las plantas *in vitro* reproducidas por DIECA por medio del cultivo de tejidos, es servir como material vegetativo para fomentar el establecimiento y desarrollo de **Semilleros Básicos** que favorezcan la reproducción de variedades promisorias de alto valor genético; nunca ser empleadas en la siembra directa de plantaciones comerciales, por razones de costo y disponibilidad de suficiente material vegetativo. Cualquier otro destino diferente al enunciado resulta contrario a lo previsto y acordado por la agroindustria.

Asignación de plantas a usuarios: *criterio vigente*

Seguidamente se anotan y puntualizan los criterios y requerimientos protocolarios aprobados por LAICA para realizar la asignación, distribución y orientar el buen uso técnico de las plantas *in vitro* entregadas al sector productor de caña:

Reproducción vegetativa

1) Las plantas no tendrán costo alguno para el demandante, el cual deberá estar registrado en las nóminas oficiales de LAICA como productor y/o entregador de caña (Sesión LAICA N° 590, artículo VI, diciembre 2018).

2) Todos los beneficiarios deberán respetar y cumplir sin objeción ni condicionamiento, los términos y alcances del procedimiento establecido y descrito en el Protocolo formulado por DIECA y aprobado por LAICA para ese fin.

3) La solicitud de plantas que tramite el demandante interesado deberá realizarse entre los meses de **diciembre-enero** de cada año.

4) El día 31 de enero del año particular se cierra el recibo de solicitudes de plantas, luego de lo cual no se atenderán ni recibirán sin objeción alguna, más solicitudes.

5) Los beneficiarios presentarán sus solicitudes de material vegetal formalmente por escrito, por medio del formulario vigente, enviándolo al coordinador del laboratorio del Programa de Cultivo de Tejidos, quién dará acuse de recibo del mismo.

6) A partir de las solicitudes recibidas, DIECA establecerá la demanda anual de peticiones, procediendo a cotejar y confrontar las mismas en relación a la cantidad de plantas potencialmente factible reproducir en el laboratorio, basados en criterios realistas de disponibilidad de recursos financieros, personal, equipamiento, insumos e infraestructura instalada.

7) Sobre la base de ese criterio se definirá la cantidad total de plantas prevista reproducir en el laboratorio durante el periodo anual, a partir de la cual se derivaran las cantidades por asignar y distribuir posteriormente.

8) Con el objeto de facilitar, agilizar y acortar el proceso reproductivo de laboratorio y entrega del material a los usuarios, las solicitudes de plantas se restringen a un **máximo de tres variedades**, salvo excepciones demostradas y muy calificadas. Se deberá concertar de previo con DIECA las variedades que serán reproducidas.

9) La cantidad mínima por solicitar y entregar será de 1.000 plantas/variedad y usuario, no menos.

Asignación y distribución

10) La asignación y distribución anual de *vitroplantas* reproducidas, será proporcional y referenciada a la cantidad de caña producida, entregada y procesada (toneladas), por las diferentes Regiones, Ingenios y Productores (Independientes y No Independientes) en la zafra inmediatamente anterior al periodo en cuestión.

11) La asignación anual será de un 50% para cada sector representado; esto es 50% para el Sector Industrial (Ingenios) y 50% para el Sector Agrícola (Productores Independientes y No Independientes) de cada región.

12) El 50% asignado al Sector Industrial se distribuirá en concordancia con la participación porcentual de cada Ingenio en el total nacional de caña procesada (toneladas métricas).

13) El 50% asignado al Sector Productor se distribuirá en correlación directa con la participación porcentual de caña entregada (toneladas métricas) por los agricultores en cada una de las seis regiones productoras, establecidas y definidas por la Ley 7818 de LAICA.

14) La cantidad de plantas asignada a un Productor Independiente o No Independiente, irá en función directa de su área sembrada (ha) y cantidad de caña entregada (t); así como de las condiciones técnicas básicas que disponga para establecer, desarrollar y mantener la plantación de almácigo en forma óptima, lo cual será definido protocolariamente.

15) Se avala y permite la consolidación de pedidos en los casos particulares de usuarios u organizaciones (Cámaras de Productores de Caña y Cooperativas Cañero-Azucareras) que operen **Convenios Colectivos** y participativos para la operación de proyectos de reproducción de semilla, lo cual deberá solicitarse por escrito y sin que ello violente lo anteriormente acordado (Sesión LAICA N° 603, artículo VII, del 18 junio 2019).

La asignación en estos casos aplicará al ente solicitante quién realizará a lo interno la distribución correspondiente y convenida con los representados; por lo cual, ningún productor podrá recibir doble beneficio en la asignación de la cuota y la distribución de plantas, en cuyo caso califica como anomalía quedando sujeto a las sanciones establecidas.

Redistribución

Si la suma de las cantidades individuales solicitadas por región o sector productivo, no supera el índice de referencia (50%) que por derecho le corresponde; LAICA por medio de DIECA se reserva el derecho de **redistribuir** las proporciones de acuerdo a las peticiones recibidas, como se indica seguidamente.

16) Si la demanda de alguno de los dos sectores (Industrial o Agrícola) no alcanzara la cantidad de plantas que le corresponde recibir, las plantas remanentes disponibles (sobrantes), si las hubiere, podrán ser entonces redistribuidas y reasignadas.

17) La reasignación aplicará en primera instancia a lo interno del sector que genere el disponible de plantas; luego de lo cual una vez satisfechas las necesidades (demandas) de sus integrantes, podrán reasignarse al otro sector si hubiere algún disponible.

18) La redistribución opera proporcionalmente siguiendo el mismo porcentaje de participación correspondiente asignado en principio al demandante (Región, Ingenio, Productor).

Procedimiento para orientar la solicitud, el manejo y la entrega de plantas

El ingreso y manejo del material vegetal al laboratorio para su reproducción constituye una seria limitante, debido a que por capacidad instalada, actualmente solo se pueden sembrar simultáneamente 8 variedades de caña, pudiendo demorar por ello la etapa inicial del proceso reproductivo hasta 3 meses, lo cual obliga adoptar medidas administrativas prudenciales que agilicen el sistema operativo.

19) La atención de solicitudes se efectuará siguiendo estrictamente el orden de ingreso y recibo de la petición, por lo que *"primero en ingresar primero en salir"*. Por esta razón es muy importante atender y cumplir los tiempos establecidos.

20) Una vez presentada la solicitud, los beneficiarios deberán coordinar con los funcionarios de DIECA la selección, extracción, preparación y envío del material "patrón" que servirá de base para la reproducción. A partir de ese material se extraerán los ápices que emplearán en la multiplicación posterior.

21) Es obligación del solicitante asegurar que el material a reproducir corresponda al biotipo y variedad deseada, para lo cual puede solicitar el apoyo de los especialistas de DIECA. Este tópico es muy importante de atender, pues evita errores ocasionados por identificación incorrecta o mezcla indeseada de materiales genéticos.

22) El solicitante debe asegurarse de que el

material vegetal "patrón" llegue sano y fresco al laboratorio, ubicado en Santa Gertrudis de Grecia, en condiciones óptimas, debidamente identificado y cumpliendo con todas las recomendaciones que indica el Protocolo; es su responsabilidad.

23) El tiempo previsto para la entrega del material solicitado y asignado reproducir deberá coordinarse con el responsable del Laboratorio, para lo cual es necesario considerar los siguientes detalles:

a) El proceso iniciará una vez recibida, aprobada y comunicada la solicitud del beneficiario, con lo que se ingresará el germoplasma al laboratorio para iniciar la fase de reproducción *in vitro*. La posible aprobación de la solicitud se dará en el transcurso del mes de marzo de cada año.

b) La primera fase del proceso es la de Iniciación que es una etapa crítica que puede extenderse hasta por 3 meses. En la misma es crucial el análisis y ejecución de pruebas preliminares para determinar la presencia de virus en el material vegetal. Todo aquel material que resulte positivo al "virus del mosaico" o al "virus de la hoja amarilla de la caña" será descartado y no se reproducirá, por lo que se contactará al solicitante para coordinar el ingreso de nuevo material y repetir la prueba en el laboratorio.

c) La reproducción y velocidad de multiplicación del germoplasma varía en función de las características de cada variedad, no respondiendo todas igual al proceso y las diferentes etapas sucesivas. El proceso puede demorar entre 12 y 14 meses, dependiendo de la variedad.

24) Finalizada la fase de reproducción, dispuestas las plantas para retiro y luego de notificar, el usuario deberá recibir y retirar el material en el laboratorio de Grecia y transportar las plantas por sus propios medios a su destino en el campo.

25) Si la entrega de las plantas se realiza 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; de lo contrario los frascos serán cobrados a un valor de us$1,30 por unidad (Acuerdo LAICA, Sesión N° 579 de julio 2018).

26) En caso de que las entregas ocurran en almácigo contenidas 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 US$15,00 (¢9.000) por unidad por costo de la caja.

27) El beneficiario debe cumplir a cabalidad con el Protocolo y medidas recomendadas para el transporte, siembra, manejo óptimo de la plantación en el campo y uso del material vegetal entregado.

28) Debe atender y cumplir con todas las recomendaciones técnicas que DIECA gire para asegurar el uso óptimo y apropiado del material vegetal asignado.

Compromisos del beneficiario

29) El usuario beneficiado (Ingenio, Productor) se compromete a seguir, cumplir y respetar los Protocolos de recibo y manejo del material vegetal, tanto en invernadero como en el campo.

30) Caso que el usuario no cumpla previamente con las condiciones requeridas (campo, manejo de la plantación), DIECA se reserva la decisión de hacerle entrega de las plantas asignadas por razones prudenciales de pérdida potencial del material.

Sanciones

31) Quién incurra en cualquiera de los actos anotados seguidamente, será sancionado con arreglo a lo que más adelante se expone:

d) Redireccionar el material recibido y si-

mular solicitudes en beneficio de terceras personas, que no han gestionado solicitudes legítimas directamente ante LAICA.

e) Recibir y vender las plantas entregadas.

f) No retirar el material solicitado en el tiempo establecido (un mes) luego de ser debida y formalmente notificado.

g) No entregar los materiales contenedores y cubrir el costo incurrido por pérdida o entrega de cristalería y material empleado en el transporte de las plantas en mal estado.

h) Cualquier acción debidamente comprobada que vaya en detrimento del buen uso del material vegetal entregado, para lo cual DIECA efectuará las verificaciones de campo correspondientes cuando lo estime pertinente.

Régimen Sancionatorio:

i) Previa tramitación conforme a las exigencias del Debido Proceso, a quien incurra la primera vez en cualquiera de las conductas anteriormente descritas, se le sancionará con una disminución del 50% de la cantidad a la que tendría derecho conforme a las anteriores reglas de asignación; j) a quien habiendo sido sancionado conforme al inciso i) precedente, incurra en cualquiera de las conductas anteriormente descritas, se le sancionará con una disminución del 75% de la cantidad a la que tendría derecho conforme a las anteriores reglas de asignación; k) a quien habiendo sido sancionado conforme al inciso j) anterior, incurra en alguna de las conductas prohibidas, se le excluirá del programa por dos años consecutivos, bajo el entendido de que si una vez habilitado vuelve a incurrir en alguna de las conductas prohibidas, la exclusión sería por cinco años consecutivos.

Exenciones

32) En contraparte a lo señalado en el punto anterior en materia de sanciones, se excluyen y no aplicarán las mismas, en los casos siguientes:

l) Cuando acontezcan situaciones tipificadas y calificadas como hechos de un tercero, casos Fortuitos o de Fuerza Mayor.

m) En situaciones no atribuibles a DIECA no habrá reposición de material perdido por las razones que sean, excepto casos demostrados de hechos de un tercero, fuerza mayor, caso fortuito, o por decisión superior de LAICA.

Ventas Potenciales

Caso de existir interés por parte de algún usuario externo o interno del sector azucarero por adquirir más plantas de las asignadas, se valoraría la factibilidad técnica y viabilidad financiera de reproducirlas en forma extraordinaria; condicionado a que ello no afecte los compromisos previos adquiridos, para lo cual se fijan los valores de venta siguientes:

- **CLIENTES EXTERNOS:** Costo total de producción + un margen de ganancia del 100%.

- **CLIENTES INTERNOS:** Costo operativo de producción (50% del total), correspondiente a aproximadamente us$0,21/planta.

El precio de venta en ambos casos se definirá con base en los costos de producción vigentes y estimados al momento de realizar la venta.

Manejo técnico de plantas *in vitro*

El esfuerzo técnico y cuidados prestados en las fases iniciales de selección, extracción, reproducción y final de mantenimiento del material vegetal, puede perderse si el manejo de las plantas luego de recibidas, transportadas y sembradas en el campo no es el adecuado; lo cual es un contrasentido institucional, tecnológico y administrativo.

Resulta por ello de trascendental importancia que los productores de caña que gozan del privilegio y ventaja de disponer de material vegetativo de calidad, cumplan sin condicionamiento ni restricción alguna, con las medidas básicas que aseguren su integridad, como son:

Retiro y transporte

33) Quién recibe las plantas debe tener claro y hacer conciencia que las vitroplantas por su origen son un material muy delicado, sensible y oneroso, que merece la máxima atención y cuidados; no se deben escatimar recursos para ello.

34) El medio de transporte utilizado debe contar con el espacio físico y la aireación necesarias que eliminen cualquier posibilidad de estrujamiento, comprensión y/o aplastamiento que pudieran sufrir las plántulas.

35) El material no debe exponerse por ningún motivo al sol y al viento, por lo cual se recomienda que el transporte sea cerrado sin perder aireación interna.

36) El transporte y movimiento de las plantas del invernadero de entrega al lugar donde se resguardará previa siembra, debe ser lo más expedito y rápido posible, evitando demoras innecesarias. La coordinación de tiempos y acciones en las fases de recibo-transporte-resguardo-siembra debe ser excelente y predeterminado.

37) Es conveniente aplicar un riego previo a proceder con el transporte del almácigo.

38) La llegada del material vegetal al lugar de recibo y resguardo temporal de las plantas en la finca, debe cumplir y extremar todas las normas y medidas de cuidado requeridas y mencionadas anteriormente, pues la posibilidad de pérdida es alta.

39) El lugar donde permanecerán en fase previa a su siembra en el campo resulta ideal que sea abierto, preferiblemente con regulación parcial de la luz por medios artificiales (sarán, palma, arboles, etc.).

40) Las plantas deben contar en todo momento con una excelente hidratación que evite estrés hídrico y mitigue en algún grado el estrés térmico.

41) La duración de esta fase dependerá de la proyección establecida entre semillero, semilla y siembra de la plantación comercial; así como también del tamaño (cm) y condición del almácigo.

Siembra del almácigo

42) Previo a la siembra definitiva en el campo, las plantas se han mantenido en un necesario periodo de "aclimatación y endurecimiento sistemático", donde se adecuan y acondicionan de manera paulatina a las circunstancias naturales del campo; esto es altas temperaturas, mucha luz y condiciones variables de estrés. Este periodo puede extenderse hasta 3 meses y es imprescindible para la supervivencia del material.

43) Se debe tener una excelente previsión y coordinación de tiempos y actividades implicadas con la siembra. Las plántulas deben estar disponibles para los tiempos cuando se proyecten la siembra del semillero, la cosecha del mismo (7-8 meses) y la siembra subsecuente de las plantaciones comerciales derivadas.

44) Si el material que contiene las plantas (bolsas, bandejas, etc.) no es biodegradable, se debe extraer y gestionar la eliminación responsable y ambientalmente amigable del mismo al colocar la planta en el surco, asegurando que el almácigo quede bien anclado y establecido.

45) La hidratación de las plantas debe ser excelente por ser un factor determinante de éxito; posiblemente el más importante en esta etapa. Limitaciones en este factor resultan detrimentales para la adaptación y homogeneidad de la plantación de semillero. Sin riego resulta técnicamente cuestionable pretender sembrar con éxito un semillero a partir de vitroplantas; el riesgo es muy alto al igual que el valor intrínseco unitario de las plántulas.

Manejo y mantenimiento

46) Por su trascendencia vale recordar y reiterar que las plantas *in vitro* se recomienda emplearlas exclusivamente para el establecimiento de semilleros básicos y nunca para el establecimiento o repoblación de plantaciones comerciales; al menos LAICA tiene por acordado e innegable ese fin.

47) La ubicación de una plantación destinada a semillero debe gozar de ventajas notorias en factores importantes, como: ubicación geográfica, acceso al lugar, fertilidad del suelo, nutrición incorporada, control de malezas, fitosanidad y manejo agronómico implicado; no puede ubicarse en áreas con limitaciones, que pongan en riesgo maximizar el potencial intrínseco del material vegetativo y la variedad que se desea reproducir.

48) Una plantación de semillero generada a partir de plantas *in vitro* tiene diferencias respecto a una plantación comercial convencional, que trasciende a los distanciamientos entre plantas, densidades, fertilización balanceada, hidratación/drenaje, fitosanidad, manejo de la misma y edad de cosecha.

49) Independientemente de las particularidades edafoclimáticas propias de una región, localidad o plantación, es recomendable emplear una densidad genérica de 8.900 plantas por hectárea, sembradas con un distanciamiento de 0,75 metros entre plantas y 1,50 m entre surcos. La distancia de plantas puede variar al ajustarla con los distan- ciamientos entre surcos empleados.

50) Lo ideal para establecer y asegurar una buena plantación de semillero es contar preferentemente con un sistema de riego por goteo que asegure la hidratación permanente y localizada necesaria.

51) La fertilización debe ser equilibrada, satisfactoria y alta en Nitrógeno que favorezca la producción de biomasa. El concepto pragmático por desarrollar es el de una *"nutrición completa y balanceada"*.

52) Una plantación empleada como semillero básico justifica efectuar un máximo de dos cosechas entre 7-8 meses de edad; luego de lo cual pasa a ser comercial.

Semilleros básicos

El establecimiento y manejo agronómico óptimo de las plantaciones de caña de azúcar destinadas a servir como **semilleros básicos**, cuyo material de siembra proviene de almácigo *in vitro*, deberá seguir y cumplir con las recomendaciones elementales indicadas en el ***"Protocolo. Recomendaciones técnicas para el estable- cimiento y manejo de semilleros básicos de caña de azúcar en Costa Rica"*** (Alfaro, Chavarría y Chaves 2007b).

De igual manera, deben considerarse, atenderse y extremarse todas las medidas técnico-administrativas prudenciales que aseguren la **fitosanidad integral** de las plantaciones comerciales de caña cultivadas en el país, lo cual está concebido y bien desarrollado en el ***"Manual de procedimientos técnicos para orientar y regular la producción y traslado de material vegetativo (semilla) de caña de azúcar"*** (Alfaro, Chavarría y Chaves 2007a).

Protocolo de asignación, producción y entrega

Con el objeto de asegurar la producción, la participación, la asignación y entrega del material vegetal in vitro reproducido anualmente, y cumplir adicionalmente con lo solicitado sectorialmente y consignado en el acuerdo adoptado por la Junta Directiva Corporativa de LAICA en su Sesión N° 579, celebrada el 17 de julio del 2018, en el cual su inciso 4, consignó imperativamente, que: ***"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. ACUERDO FIRME."***

Cumpliendo a cabalidad con dicha petición superior corporativa, se formuló el presente documento titulado **"PROTOCOLO: Entrega, recibo, manejo y uso de plantas originadas a partir de Cultivo de Tejidos *in vitro*, por parte de usuarios de la agroindustria azucarera costarricense"**.

El documento fue debidamente conocido y aprobado por parte del Comité Asesor de DIECA en su Sesión N° 111, articulo X, del 01 de abril 2019. Por su parte, la Junta Directiva de LAICA lo recibió y conoció en la Sesión N° 608 del 03 de setiembre de 2019, sugiriendo revisar y realizar algunos ajustes de fondo.

Hechos los ajustes y verificados los cambios pertinentes recomendados, particularmente en el acápite de las ***"Sanciones y Exenciones"***, la Junta Directiva Corporativa conoció en su Sesión N° 610, celebrada el 01 de octubre 2019 el Protocolo, procediendo a validar su aprobación con lo cual su contenido pasa a ser desde ese momento operativamente de acatamiento inmediato.

CONCLUSIONES

El presente protocolo define los criterios técnico-administrativos implicados con el procedimiento institucional empleado por DIECA, para operar la solicitud, la asignación, distribución, recibo, manejo y buen uso que se haga de las plantas originadas a partir de Cultivo de Tejidos Vegetales *in vitro*, por parte de usuarios de la agroindustria azucarera costarricense que son beneficiarios de las mismas. Se pretende con dichos lineamientos, asegurar el buen uso del valioso material vegetativo reproducido y que será base del mejoramiento productivo agroindustrial de nuestras plantaciones comerciales, contribuyendo además con el incremento de la competitividad del sector azucarero.

Literatura citada

Alfaro Portuguez, R.; Chavarría Soto, E.; Chaves Solera, MA. 2007a. Manual de procedimientos técnicos para orientar y regular la producción y traslado de material vegetativo (semilla) de caña de azúcar. LAICA-DIECA. Grecia, Costa Rica. 18 p.

Alfaro Portuguez, R.; Chavarría Soto, E.; Chaves Solera, MA. 2007b. Protocolo. Recomendaciones técnicas para el establecimiento y manejo de semilleros básicos de caña de azúcar en Costa Rica. LAICA-DIECA. San José, Costa Rica. 25 p.

Chaves Solera, MA. 2013. Productividad agroindustrial: desafío permanente del sector cañero azucarero costarricense (presentación electrónica de Power Point). San José, Costa Rica. LAICA-DIECA. 184 láminas.

Chaves Solera, MA. 2014. Competitividad azucarera: un concepto necesario materializar (presentación electrónica de Power Point). San José, Costa Rica. LAICA-DIECA. 94 láminas.

Chaves Solera, MA. 2016. Competitividad: *imperativo insoslayable para que el agro continúe vigente y crezca*. Revista Germinar. 6(19): 6-7.

Chaves Solera, MA. 2017a. Enfoque biotecnológico integral en DIECA: *pasado, presente y futuro*. Revista Entre Cañeros. (7): 5-18.

Chaves Solera, MA. 2017b. Productividad agropecuaria: ruta correcta hacia la competitividad. Revista Germinar. 7(20): 4-5.

Chaves Solera, MA; Chavarría Soto, E. 2019. PROTOCOLO: Entrega, recibo, manejo y uso de plantas originadas a partir de Cultivo de Tejidos *in vitro*, por parte de usuarios de la agroindustria azucarera costarricense. LAICA-DIECA. San José, Costa Rica. 22 p.

Introducción

La floración es un fenómeno natural por medio del cual se suspende e inhibe la formación de primordios foliares de crecimiento; en tanto, que el primordio floral activa su desarrollo reproductivo.

INDUCCIÓN FLORAL Y SU IMPORTANCIA EN LA INVESTIGACIÓN GENÉTICA Y LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.). EN COSTA RICA.

Juan Pablo Carvajal Quesada[1], Eduardo Vargas Miranda[2], José Roberto Durán Alfaro[3], Marco A. Chaves Solera[4]

Para que este proceso biológico sea posible, es necesario que en las plantas incidan factores bióticos y abióticos internos y externos, tales como: fotoperiodo, temperatura ambiente, humedad del suelo, sensibilidad de la variedad, hormonas, edad fisiológica, altitud (msnm), manejo agronómico de la plantación, entre otras Esta suma de factores demuestra que la floración es un proceso complejo, sensible y de especial cuidado, principalmente cuando se desea inducir o en su caso inhibir la emisión de flor (CENGICAÑA 2012; Chaves 2017b).

Si bien es cierto, que desde el punto de vista agrícola e industrial, la floración es un proceso no deseado, debido principalmente al gasto energético en que incurren los tallos"; así como la formación de "corcho" y "lalas" que disminuyen la calidad de la materia prima. Sin embargo, para el desarrollo y liberación de nuevas variedades para uso comercial, es fundamental contar con la flor, ya que en ella se forman las semillas producto de la fecundación del óvulo. Cada simiente contiene estructuralmente material genético de los progenitores que han sido entrecruzados aleatoriamente, dotando a cada individuo de características únicas y particulares que los diferencian de cualquier otra variedad (Castillo 2014). Asegura Chaves (2017b) al respecto que:

"Los efectos y consecuencias de la floración en el ámbito comercial se consideran negativos en razón de que la productividad agrícola se ve afectada y limitada, al dejar la planta de crecer y perder con ello tonelaje potencial; también ocurre una afectación en la calidad de la materia prima al aumentar el contenido de fibra en los entrenudos superiores, darse la formación de médula (corcho) y disminuir la concentración de sacarosa en los tallos y consecuentemente, en el azúcar recuperado en la fábrica. Hay adicionalmente en todo esto, una pérdida importante de energía metabólica por uso y consumo improductivo. Por esta razón, en mejora genética traducida en liberación de clones promisorios para uso comercial de caña, se procura evitar y descartar aquellas variedades que presentan abundante floración; o en caso de

[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. 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 Variedades. Grecia, Costa Rica. E-mail: jvargasm@ /laica.co.cr. Teléfono (506) 2494-1129/ (506) 2494-7555.

[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 Variedades. Grecia, Costa Rica. E-mail: jduran@ /laica.co.cr. Teléfono (506) 2494-1129/ (506) 2494-7555

[4] Ingeniero Agrónomo. M.Sc, Gerente, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Costa Rica. E-mail: mchavezs@ /laica.co.cr. Teléfono (506) 2284-6066/ (506) 2284-6067

no poder, se busca minimizar y mitigar los impactos por varias vías."

Es por esta razón que en los países donde se practica la actividad cañero-azucarera, la floración es un factor biológico determinante e indispensable de investigación y desarrollo tecnológico, como acontece en los cerca de 27 países productores de caña destinada a la fabricación de azúcar del Continente Americano (ISO 2013); virtud de lo cual, se analizarán seguidamente con ese fin cinco regiones representativas, las cuales se ubican en condiciones agro climáticas y productivas muy diversas, disimiles y heterogéneas, enriqueciendo con ello la comprensión sobre la forma de cómo enfrentan los retos para inducir el proceso de floración.

Para generar una mejor comprensión sobre la interacción ambiente-floración, se explicarán a continuación algunos procesos biológicos que ocurren en caña de azúcar, principalmente en plantas de la especie *S. officinarum* en su etapa reproductiva. Del mismo modo, se describirá el efecto interventor, estimulante y/o distorsionante de los factores climáticos que generan mayor impacto sobre la floración del cultivo.

Se ha señalado que los dos factores climáticos más determinantes e influyentes en la floración son el fotoperiodo y la temperatura ambiente. Se entiende y define como fotoperiodo, a las horas de luz que tiene un día, las cuales varían a lo largo del año y también dependen de la localización y ubicación geográfica del lugar de referencia.

Esta insinuación se debe a que muchos cultivos que evolucionaron en lugares donde intervienen y acontecen cambios extremos del clima, requerían sincronizar su ciclo de vida para lograr adaptarse a las condiciones del medio; lo cual es genética y particularmente importante en caña de azúcar, al ser un cultivo que se ha extendido ampliamente en el mundo, donde tanto la temperatura como la duración del día (horas de luz), son dos factores que varían consistentemente con la estación (Moore y Berding 2014).

La especie S. *officinarum* evolucionó en latitudes tropicales bajas donde la longitud del día es muy constante, floreciendo menos cuando está próxima al ecuador, aumentándose según Moore y Berding (2014), cuando la planta se cultiva en latitudes más altas. Sin embargo, se debe entender que este no es el único factor que interviene la floración; por lo tanto, al aumentar la latitud sería esperable que otros factores, como la temperatura, varíen hasta llegar a inhibir la floración (CENGICAÑA 2012).

Según Viveros *et al.* (1991), para inducir floración lo ideal es simular una curva de luz propia de un sitio ubicado a 14° de latitud norte, como es el caso de Tapachula, Estado de Chiapas, costa pacífica de México; generando un estímulo para florecer, lo que se logra aplicando un periodo de alternancia de luz y de oscuridad, en donde si hay 13 horas de luz no hay flor pero con 12:30 horas luz si hay presencia de flor (Queme *et al.* 2011).

Con respecto a la temperatura ambiente, elemento considerado como el segundo factor de mayor importancia en la inducción floral, se ha determinado que los valores nocturnos óptimos varían entre los 21°C y 24°C pues favorecen y promueven la inducción; primordialmente durante el periodo de iniciación de la floración. Este es un momento crítico, en el cual se ha demostrado que valores por debajo de 18°C por el contrario reducen significativamente la intensidad de floración. También se ha observado en condiciones tropicales, una disminución importante de la floración cuando las temperaturas son superiores a 32°C durante la iniciación de la floración (CENGICAÑA 2012).

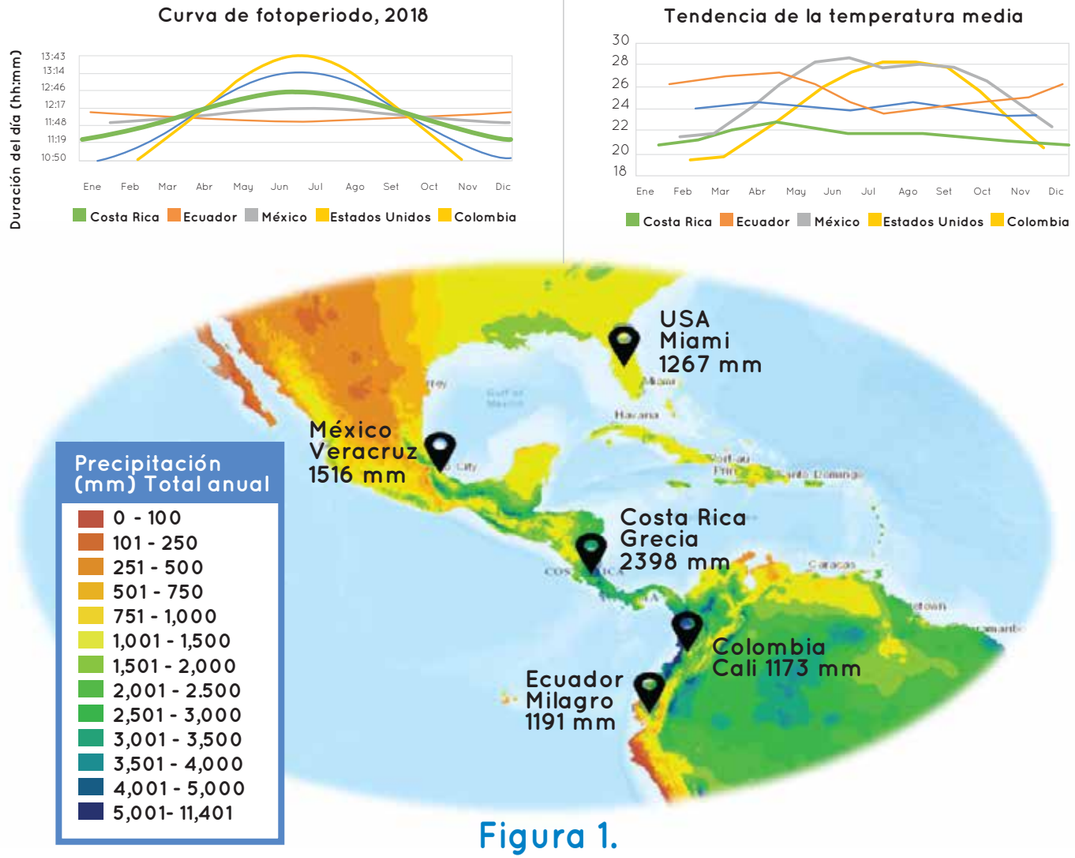


Figura 1.

Curvas de luz (A), temperatura media (B) y precipitación anual (C) en 5 estaciones experimentales de caña de azúcar ubicada en América. Elaborado con base en Sunset and sunrise. s.f.; Merkel, A. s.f.; Total Annual Precipitation. s.f.

MÉXICO

El Estado de Veracruz es por su parte una de las regiones cañeras con mayor participación productiva en la agroindustria azucarera de México. El cultivo se desarrolla bajo una temperatura media máxima de 28,1°C en junio; siendo enero el mes más frío con una temperatura media de 21,7°C y una precipitación promedio de 1.516 mm. Entre los días cortos y largos, existe una diferencia de 2 horas y 21 min, siendo el 21 de junio 2018 uno de los días más largos del año, con 13 horas y 16 minutos de luz solar. El Ingenio San Miguelito se encuentra ubicado entre 19° 06' latitud norte y 97° 05' longitud oeste, a una altitud entre 817 y 1.200 msnm (Herrera *et al.* 2017).

Los meses de mayo y julio corresponden a un periodo crítico de inhibición floral en ese lugar, donde las plantas reciben más de 13 horas de luz en el fotoperiodo; asimismo, entre el 13 de abril y el 29 de agosto del 2018 se superaron las 12 horas y 30 minutos ideales para generar la inducción de acuerdo con los valores de latitud de 14°. La temperatura media es superior a los valores óptimos nocturnos (21-24°C); aconteciendo que si en el periodo de inducción los valores son mayores a 32°C podría entonces inhibirse el proceso de floración.

En México se han fundado campos experimentales regionales distribuidos estratégicamente en seis localidades agroecológicas diferentes, lo cual ha facilitado la selección de variedades para las diferentes condiciones agroecológicas del país.

Del mismo modo, se ha ubicado la Estación de Hibridación en carretera Tapachula-Talismán, situada entre los paralelos 14° 57' de latitud norte y 90° 10' de longitud oeste, a 366 msnm. Esta ubicación propicia excelentes condiciones naturales para inducir la inducción floral y obtener *"fuzz"* (semilla botánica) de alta calidad y viabilidad. Debido a esas condiciones, otros países como Guatemala, Colombia y Venezuela realizan cruzamientos en esa localidad (Sentíes *et al.* 2016).

COLOMBIA

El Valle de Cali, Colombia, es reconocido por su elevado desarrollo productivo y tecnológico en materia cañera, la cual cuenta con una precipitación media anual de 1.173 mm. Durante el año las temperaturas varían en 1,2°C aproximadamente, siendo 24,4°C la temperatura máxima promedio alcanzada en el mes de agosto. Las horas de luz entre los días cortos y largos varían en 0 horas 64 minutos, siendo el 10 de junio del 2018 uno de los días más largos del año, con 12 horas y 17 minutos de luz. La región se encuentra próxima a los 03° 21' de latitud norte, 76° 18' de longitud oeste y 1.024 msnm (CENICAÑA 2019).

Cali cuenta con poca variación en las horas de luz, sin embargo, no alcanza los valores óptimos según el criterio establecido por la latitud 14°, al no contar con días de 12 horas y 30 minutos de luz solar. La temperatura media se encuentra entre los valores óptimos para favorecer la inducción de floración (21-24°C); si las temperaturas máximas y mínimas en los días de inducción no son inferiores a 13°C ni superiores a 32°C, no sería este un factor limitante de inhibición en el proceso.

En esta región se encuentra la Estación Experimental San Antonio de los Caballeros, localizada a 03° 21' de latitud norte, 76° 18' de longitud oeste y 1.024 msnm. En este sitio la temperatura media anual es de 23°C y una precipitación media de 1.159 mm. Debido a las condiciones, se han diseñado y optimizado nueve cámaras de fotoperiodo, donde se suple a los progenitores de las condiciones de luz artificial necesarias como complemento de la luz natural para inducir la formación de inflorescencias (CENICAÑA 2012).

ECUADOR

Por su parte, la zona de Milagro pertenece a la provincia de Guayas, Ecuador, reconocida por sus vastas zonas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, también trabaja el tema. En esa región, la precipitación media es de 1.191 mm anuales y la variación en la temperatura media anual es de aproximadamente 3,1°C, con una temperatura máxima promedio de 26,8°C en el mes de abril. Entre los días más cortos y largos, la diferencia en fotoperiodo es de 0 horas y 15 minutos, siendo el 17 de diciembre del 2018 uno de los días más largos, con 12 horas y 13 minutos de luz solar. La Estación se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 01° 59' a 2° 14' de latitud Norte y de 79° 41' a 79° 27' de longitud Oeste (Pérez 2019).

El fotoperiodo es una limitante importante para la floración en la zona de Milagro, Ecuador, donde la máxima cantidad de horas dista de las 12 horas y 30 minutos. La temperatura media es alta, por lo que es muy probable que las temperaturas máximas se ubiquen cerca de los 32°C, lo cual inhibiría o reduciría considerablemente la intensidad de floración. Adicionalmente, es una región con baja precipitación, lo cual es particularmente importante en la etapa inductiva para mantener la humedad del suelo.

En Guayas, Ecuador, se cuenta ubicado el Centro de Investigación CINCAE, instancia tecnológica en la cual se realiza el proceso de hibridación que fundamenta el mejoramiento genético convencional. Debido a las condiciones ambientales del país y los bajos porcentajes de floración natural prevalecientes (cerca de 30%), ha sido necesaria la utilización de una casa de fotoperiodo o de floración, en la cual se ha iniciado y desarrollado el proceso desde el año 2003.

Adicionalmente, se utiliza alternativamente un sistema de inducción de flor en "campo abierto" donde se proporciona a las variedades días largos desde 13 horas de luz hasta alcanzar el fotoperiodo natural requerido. Con este procedimiento se obtuvo un 92% de variedades florecidas en el año 2011, lo que demuestra la efectividad del método (CINCAE 2013).

EUA

El Estado de Miami es por su parte una localidad muy importante en el desarrollo tecnológico y productivo de los Estados Unidos (USA), particularmente el genético. Cuenta con una precipitación media de 1.267 mm anual, una temperatura máxima promedio de 28,1°C en el mes de agosto y una variación de 8,3°C durante el año. Entre los días cortos y largos, la diferencia en el fotoperiodo es de 3 horas y 12 minutos, siendo el 19 de junio 2018 el día más largo del año, con 13 horas y 42 minutos de luz solar.

El Estado de Miami presenta temperaturas promedio muy altas en agosto y los meses próximos (junio a setiembre), lo cual disminuye la intensidad de floración; si las temperaturas máximas superan los 32°C en la etapa inicial de floración, se podría inhibir el proceso. Las horas de luz varían considerablemente en el año, superando las 12 horas 30 minutos óptimas para la inducción desde el 7 de abril hasta el 3 de setiembre.

Los Estados Unidos cuentan con las instalaciones pertenecientes a USDA-ARS ubicadas en Canal Point, Estado de Florida y Houma, estado de Louisiana, donde se realizan procesos de hibridación y mejora genética de variedades. El equipo encargado de realizar los cruzamientos, se enfoca en procurar optimizar la eficiencia de la floración bajo tratamientos de fotoperiodo artificial. La nueva instalación de cruce y fotoperiodo del USDA-ARS, situada en Ardoyne Research Farm (Houma, Lousiana USA), ha estado en funcionamiento durante siete años; y por medio de la optimización de tratamientos, el porcentaje de floración aumentó de 37% en el año 2011 a 84% en el 2017. En las instalaciones de cruzamiento de Houma se realizaron un total de 773 cruces biparentales en el año 2017, logrando un ligero aumento de 3,2% respecto al año anterior (USDA 2017).

COSTA RICA

El cantón de Grecia, provincia de Alajuela, es una de las localidades cañeras donde se desarrolla la fase de hibridación e investigación en materia de genética de variedades del sector azucarero costarricense. El lugar cuenta con una precipitación media anual de 2.398 mm, una temperatura promedio de 22,1°C con una variación de ±1,7°C durante el año. Entre los días cortos y largos, la diferencia en el fotoperiodo es de 01 hora y 9 minutos, siendo el 24 de junio el día más largo del año, con 12 horas y 43 minutos de luz solar.

La región se ubica entre los paralelos 10° 04′ 29′ latitud norte y 84° 18′ 48′ longitud oeste, a una altura de 1.000 msnm con variaciones importantes en esas variables en sus distritos próximos, pero significativamente diferentes cuando se referencian con respecto al resto de localidades cañeras del país (Chaves 2017ab).

Al encontrarse el lugar a una latitud de 10° es predecible que no coincida de forma natural con las horas de luz óptimas del periodo de inducción floral existentes en la latitud de 14° de Tapachula, lo cual disminuye la intensidad de floración; sin embargo, la localidad de Grecia no supera en ningún día las 13 horas, que en alternancia genera mayor inhibición. La temperatura promedio se encuentra en un rango aceptable para inducir la floración; sin embargo, deberá considerarse el valor mínimo y máximo en la iniciación de la floración, debido a que valores menores a 13°C y mayores a 32°C podrían limitar significativamente la inducción floral.

Investigaciones en la Estación Experimental de DIECA

El Programa de Variedades de Caña de Azúcar inició formalmente a partir del año 1998 el proceso de cruzamiento e hibridación de progenitores pre seleccionados, con el objetivo de lograr obtener una mayor cantidad de variedades de alta calidad agroindustrial y adaptabilidad, para incorporarlas en las investigaciones desarrolladas en todo el país con ese mismo fin (Chaves 2018ab). Los progenitores utilizados son seleccionados y reconocidos por su capacidad de adaptación, sus buenos resultados agroindustriales y resistencia a las principales plagas y enfermedades.

El proceso de hibridación se inició en Costa Rica con una pequeña cantidad de cruces, teniendo un promedio de 70 cruces por año (18 años); aunque en los últimos dos años 2017-2018 con mejoras de fondo incorporadas al proceso (Carvajal y Durán 2018), se logró llegar a 127 cruzamientos distintos entre cruces múltiples y biparentales. Esta gestión técnica ha permitido aumentar la cantidad de plántulas que son llevadas a campo en los llamados *"viveros primarios"* para ser sometidos al proceso continuo y sistemático de investigación, selección, adaptación y validación hasta uso comercial.

Aunque se ha logrado aumentar significativamente la cantidad y calidad de los cruces y con ello la cantidad de plántulas obtenidas, es conveniente aprovechar al máximo y optimizar los limitados recursos con los que institucionalmente se cuenta para ese fin. Resulta destacable señalar que en el Banco de Germoplasma que DIECA posee ubicado en la región de Cañas, Guanacaste, la floración natural verificada de un total de 1.045 variedades sembradas en el mismo, llega al 52,53% (Carvajal *et al.* 2018). Digno de señalar es el hecho de que se encuentran en el mismo materiales de mucho valor genético y comercial, que podrían ser potencialmente utilizados como progenitores en el proceso de hibridación desarrollado anualmente por el Programa; lo que sin embargo se ve dificultado, al tener clones sin floración que han impedido su uso.

Para iniciar el proceso de inducción natural de floración por medio del fotoperiodo es necesario conocer las condiciones de luz con la que se cuenta en el país. Costa Rica posee una curva de luminosidad creciente desde el 21 de diciembre con 11:32 horas de luz por día hasta el 21 de junio que es el solsticio de junio o día más largo del año, con 12:43 horas de luz por día. Estos cambios en la duración del día son percibidos por las plantas y estas responden a un proceso natural denominado fotoperiodismo, que en muchos casos en conjunto con otros factores internos y

externos provocan que se presente la flor (Moore y Berding 2014).

En el caso de la caña de azúcar el fotoperiodo es uno de los factores ambientales más importantes en la inducción y aparición de la flor, como lo indicaran Viveros *et al.* (1991) y Chaves (2017b). Para inducir floración se debe simular y generar idealmente una curva de luz de un sitio localizado a 14° de latitud, como es el caso de Tapachula, México (centro de investigación líder en floración y cruzamientos).

Se debe provocar e inducir un estímulo para florecer, realizando una alternancia de periodos de luz y de oscuridad decreciente; en cuyo caso si hay 13 horas de luz y 11 de oscuridad de forma constante, no se presenta la floración; caso de contar con un periodo de 12:30 horas de luz y 11:30 horas de oscuridad, entonces se da la aparición de flor (Queme *et al.* 2011).

Con base en esta información, se estima en principio con buen criterio, que el **periodo de inducción de la floración de la caña de azúcar para Costa Rica, se presenta entre el 8 y el 20 de agosto**, como se aprecia en la Figura 1, donde los factores vinculados con la genética de la planta, la luminosidad, la temperatura y la edad del cultivo juegan un papel sobresaliente en la aparición de la flor (Chaves 2017b).

Calidad de la luz

Otro aspecto de gran relevancia virtud de su participación es la calidad e intensidad de la luz

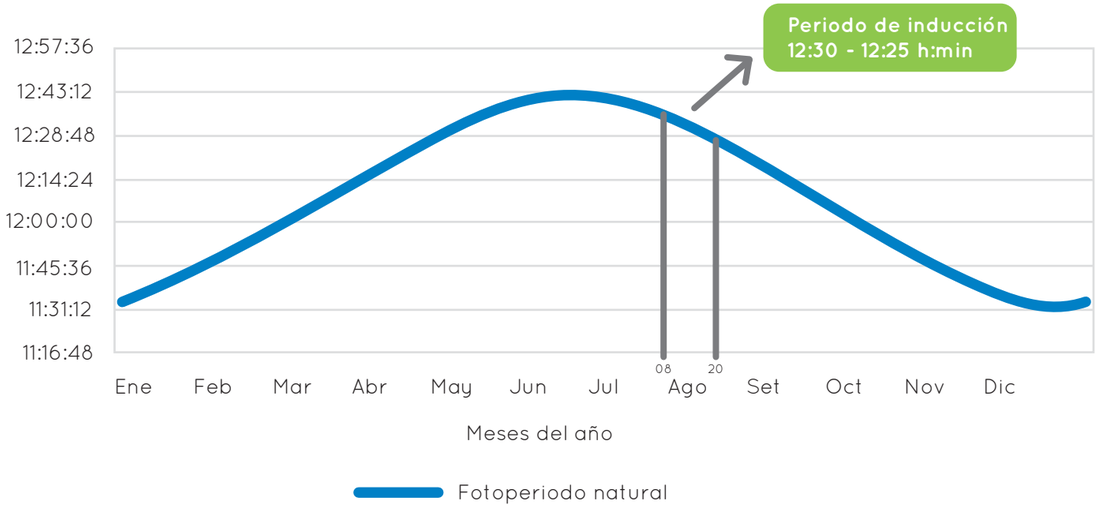


Figura 2.

Curva de luz y periodo de inducción natural de floración en caña de azúcar en Costa Rica

con la que se cuenta, debido a que las condiciones naturales no siempre favorecen la floración. El brillo solar interpretado como el número de horas de sol o periodo, en el cual un lugar recibe radiación solar directa. Según un estudio realizado en Guatemala por Queme *et al.* (2011), se determinó que por cada 7 horas de incremento de brillo solar se disminuye en 2% la floración; motivo por el cual resulta necesario controlar la calidad e intensidad de la luz incidente, para lograr una buena floración.

El espectro de luz es otro factor de importancia en el proceso de estímulo que como indican Torres y Acosta (s.f.), se han realizado múltiples estudios con el fin de hallar la longitud de onda más efectiva; encontrando que tanto las plantas de día largo como las de día corto, muestran un espectro de acción de interrupción por la luz del período oscuro, el cual se eleva en la región rojo a rojo lejano, entre los 660 y 800 nm.

Según Silva (2016)[5], para lograr alcanzar el espectro de luz de rojo a rojo lejano (660 - 800 nm) en un sistema de inducción abierto, se deben colocar los bombillos de luz blanca e incandescente en una relación 3,2:1,0, respectivamente. Como se observa en la Figura 2, para lograr esa cantidad de luz, debieron colocarse 18 bombillos de 100 Watts cada uno, donde en cada línea se pusieron 14 de luz blanca y 4 de luz incandescente obteniendo 1.400 Watts de luz blanca y 400 Watts de luz incandescente, teniendo con ello una relación 3,5:1,0.

Estudio inducción de flor en "campo abierto"

En un estudio realizado en la Estación Experimental de DIECA en Grecia en el año 2017, procurando obtener floración me- diante inducción en una prueba realizada en "campo abierto" (Figura 3), el sistema de inducción se colocó a una altura de 6 metros y ubicó los bombillos cada 75 cm entre sí.

Cada una de las variedades se sembró en un pote (medio estañón) de 0,11 m3, los cuales contenían una mezcla de tierra, abono orgánico y arena, en proporciones: 40, 30 y 30%, respectivamente. Tres meses después de sembra- dos los esquejes de caña, se realizó una selección de los mejores 6 tallos por unidad experimental. El inicio y apagado de la luz fue operada por medio de un temporizador digital.

Resultados estudio año 2017

En el año 2017 se estableció un sistema de inducción de floración a campo abierto, incluyendo un total de 11 variedades, de las cuales 6 variedades (54,5%) son reconocidas por no presentar floración bajo las condiciones naturales de Costa Rica, como fueron: B 80-689, B 82-333, B 89-138, B 96-018, CC 01-1940 y H 68-1158; otras 5 si florearon: HIBRIDO 1 F1 (Q 96 x *Saccharum* spp.), HIBRIDO 2 F1 (Q 96 x *Saccharum* spp.), LAICA 08-390, LAICA 10-804 y SP 78-4764. El tratamiento de inducción efectuado en el 2017 (Figura 4), consistió en iniciar (09 de junio) un periodo lumínico con 13:30 horas durante 30 días continuos, para luego descender sistemáticamente a 13:00 horas, decreciendo un minuto por día hasta llegar al 08 de agosto, momento estimado en que ocurre la inducción natural de floración.

[5]Silva, E. 18 setiembre 2016. Casa de inducción de floración. (correo electrónico). El Triunfo, Guayas Ecuador. CINCAE

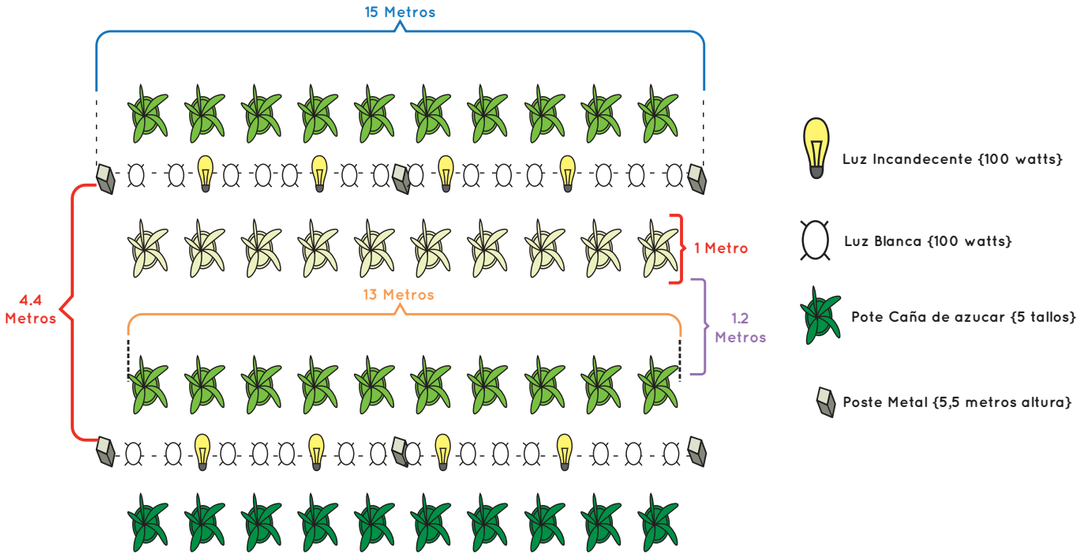


Figura 3.

Diseño del sistema de inducción de floración en campo abierto en la Estación Experimental DIECA.

Resultados estudio año 2018

El sistema se mantuvo por el término de 15 días continuos a 12:30 horas de luz; luego de lo cual se disminuyó un minuto por día hasta llegar al fotoperiodo natural el día 16 de setiembre, para un total de 99 días donde se aumentó la cantidad y la calidad de la luz artificial, con respecto al fotoperiodo natural de campo abierto.

De los 11 materiales genéticos evaluados, solo una variedad presento flor con una intensidad del 50 % (3 tallos floreados), siendo esta el hibrido #1 (Q 96 x *Saccharum* spp.) obteniendo un 9,0% de floración para el primer año. Para el año 2017 los resultados obtenidos no fueron satisfactorios, lo cual revela que el proceso o la metodología de inducción en campo abierto establecida para nuestras condiciones no fue la más adecuada; lo que obliga revisar y hacer los cambios pertinentes que permitan lograr la floración.

Con base en el aprendizaje recabado en el primer año (2017) de prueba, se acordó no realizar tantas modificaciones en el factor luz, y tratar de simular una curva de luz asumiendo que idealmente nos encontráramos a 14° latitud norte. Se inició en esta oportunidad con 13:30 horas de luz el día 21 de junio y se fue reduciendo un minuto por día hasta alcanzar el fotoperiodo natural el día 01 de setiembre, para un total de 72 días de incremento de luz artificial con respecto al fotoperiodo natural.

Se evaluaron 32 variedades de caña de azúcar que provenían 11 de la primera soca y 21 nuevos materiales en caña planta (B 77-95, CC 85-92, CP 00-2150, CP 72-2086, CTC 14-442, LAICA 00-301, LAICA 01-604, LAICA 04-250, LAICA 05-805, LAICA 07-20, LAICA 07-26, LAICA 10-207, LAICA 12-340, NA 85-1602, PR 80-2038, RB 73-9735, RB 98-710, RB 99-381, SP 81-3250, TW 08-134 y TW 08-185), de las cuales únicamente 3 variedades lograron florecer (CP 72-2086, RB 98-710 y el Hibrido #1) obteniendo una floración de apenas 9,3%.

Análisis de resultados

Es definitivo que para obtener resultados satisfactorios es necesario simular la curva de luz natural alcanzada a 14° latitud norte, donde la inducción de floración inicio en el solsticio de junio con 13:30 horas de luz y fue reduciendo un minuto por día hasta coincidir con el fotoperiodo natural.

Como lo indican Viveros *et al.* (2009), en México se encuentran estas condiciones y son las más propicias para obtener una buena floración, ya que ellos en un estudio comparativo obtuvieron un 71% en el CIDCA (Tapachula, México); aunque tan solo un 34% en el Valle del Cauca en Colombia. La curva de luz utilizada para el año 2018 se considera es la necesaria para nuestras condiciones, con la cual se considera viable poder inducir la floración en muchas variedades; además se reducen los días de 99 a 72 en el incremento de luz artificial.

En el caso de la edad de la planta, para el año 2018 las variedades tenían una edad de 3 meses en el proceso de inducción, lo que pudo haber provocado un efecto negativo; aunque Viveros *et al.* (1991) encontraron que bajo condiciones controladas, se logra inducir floración en caña de azúcar con plantas de 3 a 6 meses de edad, aunque desarrolladas en una casa de fotoperiodo. Esta observación ha motivado iniciar inducción de floración cuando los clones tengan 6 meses de edad, ya que el desarrollo vegetativo favorecerá la inducción.

La temperatura es otro factor a valorar y regular, aunque en un sistema abierto se torna complicado. La Estación Experimental de DIECA cuenta con temperaturas máximas que no provocan problemas en la inducción de floración (Cuadro 1), ya que no superan los 32°C; en cambio las temperaturas mínimas son menores a 18°C, ubicándose en 16,8°C, siendo las noches muy frías. Según CENGICAÑA (2012), se ha demostrado que las mismas cuando son bajas reducen significativamente la intensidad de floración.

Cuadro 1.

Temperatura máxima y mínima presentes durante el periodo de inducción de caña a campo abierto en la Estación Experimental de DIECA, Grecia. 5 años.

Año	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
2014	29,10	31,37	30,80	29,99
	18,00	17,69	16,42	16,52
2015	31,57	30,75	32,37	31,10
	18,31	17,41	17,09	16,78
2016	30,75	31,09	31,62	30,25
	16,45	16,51	16,40	16,52
2017	29,98	30,69	30,45	30,44
	17,43	17,00	16,58	16,58
2018	31,05	31,48	31,30	30,85
	17,03	16,54	16,60	15,90
T° máx.	**30,49**	**31,08**	**31,31**	**30,53**
T° min.	**17,44**	**17,03**	**16,62**	**16,46**

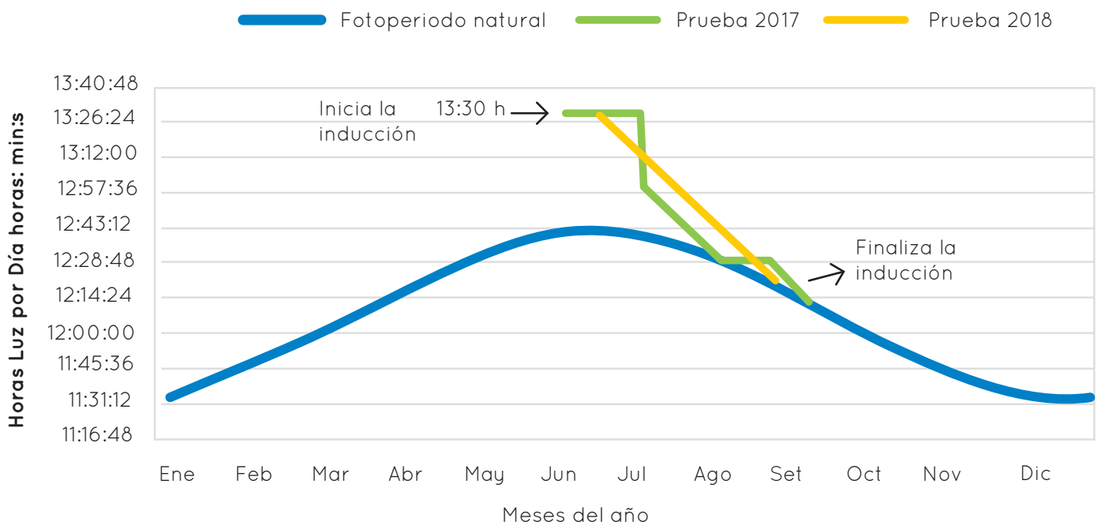


Figura 4.

Tratamientos de inducción de floración empleados en campo abierto en la Estación Experimental de DIECA durante los años 2017 y 2018.

Conclusiones

1) La emisión de flor como resultado biológico y expresión natural de la planta de caña de azúcar, resulta indeseable y contraproducente para los intereses comerciales de la actividad productiva agroindustrial; aunque contrariamente, muy importante y determinante para fines de mejora genética y obtención de plantas de alto valor agrícola e industrial.

2) En algunos países del Continente Americano donde las condiciones ambientales difieren de los valores ideales para floración, establecidos en los 14° de Latitud Norte; la inducción de flor por manejo artificial del fotoperiodo, representa un complemento fundamental para aprovechar la mayor cantidad de progenitores potenciales de alta calidad que no emiten flor, para poderlos utilizar en el mejoramiento genético convencional del cultivo.

3) El fotoperiodo y la temperatura (máxima-mínima) son los factores que mayor influencia tienen sobre la floración de la especie *S. officinarum*, lo que obliga a mantener un mayor control y optimización en los sistemas de inducción artificial de floración utilizados.

4) En Costa Rica hay biotipos particulares de caña con alto potencial agroindustrial para actuar como progenitores en el Programa de Mejora Genética desarrollado por DIECA, que debido a su imposibilidad de emitir flor, no pueden ser utilizados, lo que requiere ser resuelto para lograr su máximo aprovechamiento.

5) Para inducir floración se debe simular y establecer una curva de luz natural similar a la presente en los 14° de Latitud Norte, donde se inicie con un periodo de 13:30 horas de luz con un descenso sistemático y continuo de un minuto por día hasta llegar a fotoperiodo natural en sistemas desarrollados a campo abierto (sin cámara de floración).

6) El periodo de inducción de floración en la caña de azúcar para Costa Rica, se ubica y calendariza entre el 08 y el 20 de agosto, donde se obtienen de 12:30 a 12:25 horas luz, generando la inducción por fotoperiodo, siempre y cuando los otros factores internos y externos se presenten en la planta y el entorno en forma favorable.

7) Aunque los resultados obtenidos en la prueba de campo abierto no han sido totalmente satisfactorios, se ha obtenido información sumamente importante que se debe ir mejorando y perfeccionando con el tiempo.

8) Para el caso particular de la Estación Experimental de DIECA, ubicada en Santa Gertrudis Sur de Grecia, a una altitud de 1.000 msnm, las temperaturas juegan un papel muy importante, donde la edad de la planta tiene que ser la óptima (mayor a 5 meses), para lograr resultados positivos.

9) En consideración de la dificultad para lograr inducir la floración a campo abierto y la necesidad de habilitar clones de alto valor genético, se recomienda proceder con la construcción, equipamiento y operación de una Cámara de Fotoperiodo; esto en el tanto se investiga y de ser viable, se ajusta y establece el protocolo para emplear pruebas abiertas de campo.

10) En consideración de la diversidad, variabilidad y heterogeneidad de las condiciones naturales de clima, altitud (msnm) y suelos existentes en el área sembrada comercialmente con caña de azúcar en Costa Rica, resulta prudente y necesario desarrollar estudios específicos a nivel de región y zona, que establezcan índices que puedan ser empleados a futuro, en las estimaciones de floración de campo.

11) Resulta estratégico para fines de mejora genética ubicar geográficamente las localidades del país donde mejor floración, mayor viabilidad de polen y más alta germinación de semilla se tenga, las cuales no necesariamente coinciden con áreas de producción comercial de caña, como la experiencia internacional lo demuestra.

Referencias bibliográficas

Carvajal Quesada, JP; Durán Alfaro, J. 2018. Modificaciones y desafíos en el proceso de hibridación de la caña de azúcar en Costa Rica. En: VII Congreso Tecnológico del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA) 29 al 31 de agosto del 2018. Colegio Agropecuario de San Carlos, Santa Clara Florencia Alajuela, Costa Rica. 16 p.

Carvajal Quesada, JP; Durán Alfaro, JR; Angulo Marchena, A. 2018. Evaluación de la incidencia e intensidad de la floración en el banco de germoplasma de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Costa Rica, durante el año 2016. Revista Entre Cañeros. (11): 43-54.

Castillo, R. 2014. Mejoramiento genético vegetal: Convencional, mutación e ingeniería genética. Carta Informativa (1): 6-12.

CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). 2012. El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. Espinoza, G.; Quemé J.L. (editores). Cotz, Guatemala. 512 p.

CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). 2019. Estación Experimental de CENICAÑA. Valle del Cauca, Colombia. (en línea – sitio web). Consultado el 15 de abril de 2018. Disponible en: https: //www.cenicana.org/quienes_somos/cenicana/estacion_experimental.php.

CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). 2012. Estación Experimental. Revista TECNICAÑA 29: 18-21.

Chaves Solera, MA. 2017a. ¿Dónde se produce territorialmente la caña con que se fabrica el azúcar en Costa Rica? Revista Entre Cañeros (8):6-26.

Chaves Solera, MA. 2017b. Floración en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, abril. 68 p.

Chaves Solera, MA. 2018a. Genética aplicada a la mejora de las plantaciones comerciales de caña de azúcar. Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria Digital. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 43 p.

Chaves Solera, MA. 2018b. Siembra comercial de variedades de caña de azúcar: *dinámica histórica de su cultivo en Costa Rica*. Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria Digital. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 89 p.

CINCAE (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador). 2013. Inducción a la Floración. El Triunfo, Guayas, Ecuador. (en línea – sitio web). Consultado el 19 de abril de 2019. Disponible en: http://cincae.org/areas-de-investigacion/programa-de-variedades/variedades-nacionales/induccion-a-la-floracion/

Herrera Solano, A; Hernández Govea, CM; Milanés Ramos, N; Castillo Morán, A; Verdejo Lara, RA; Aguilar Rivera, n; Rodríguez Lagunes, DA. 2017. Efecto del bioestimulante fitomas-e sobre el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar, en la zona de influencia del Ingenio San Miguelito 80334, Veracruz. (en línea – sitio web). Consultado el 19 de abril de 2019. Disponible en https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/10-NUTRICI%C3%93N-Y-SUELOS-2016.pdf.

International Sugar Organization (ISO). 2013. Statistical Bulletim 73 (8): 76 p.

Merkel, A. s.f. Cimate date.org. (en línea – sitio web). Consultado 19 de abril 2019. Disponible en https://es.climate-data.org/america-del-norte/estados-unidos-de-america/florida/miami-1641/

Moore, P; Berding, N. 2014. Flowering. In Moore, P.; Botha, FC (eds.). Sugarcane Physiology, Biochemistry & Functional Biology. Iowa. USA. Wiley-Blackwell. P. 379-410.

Pérez Molina, A. 2019. Riesgo de Sodicidad en los Suelos de Cantón Milagro, Guayas-Ecuador en Época de Estiaje. Revista Politécnica 42(2):1-8.

Quemé, JL; Orozco, H; Castro, O; Buc, R; Ralda, G; López, A; Acán, J; Solares, E; Natareno, E; Coronado, M. 2011. Floración de la caña de azúcar y sus efectos en variables relacionadas con la productividad de azúcar. Presentación PowerPoint. CENGICAÑA, Cotz. Guatemala. 33p.

Sentíes Herrera, HE; Gómez Merino, FC; Loyo Joachin, R. 2016. El mejoramiento genético de la caña de azúcar (Saccharum spp.) Agro Productividad. 9 (7): 8-13

Sunset and sunrise. s.f. Amanecer y atardecer. (en línea-sitio web). Consultado 15 de abril de 2019. Disponible en https://www.sunrise-and-sunset.com/es/sun/

Total Annual Precipitation. s.f. Precipitación. Consultado 25 de abril de 2019. Disponible en: https://www.arcgis.com/home/item.html?id=0698165058384852b23f31b26ae7cace

USDA (United State Department of Agriculture). 2017. Genetic Improvement of Sugarcane for Temperate Climates: 2017 Annual Report. (en línea – sitio web). Consultado el 19 de abril de 2019. *Disponible en https: //www.ars.usda.gov/ research/ project/ ?accNo=425242&fy=2017*

Viveros, C; Baena, D; Palma, A; Salazar, F; Victoria, J; Flores, C; Ranjel, H. 2009. Contribución de los cruzamientos hechos en México en el proceso de obtención de variedades CENICAÑA Colombia. Carta Trimestral, CENICAÑA. 31(3 y 4): 23-26

Viveros, C; Cassalett, C; López, Y. 1991. Efecto de la edad de la planta y de diferentes tratamientos fotoinductivos en la floración de la caña de azúcar (*Saccharum* sp.). Acta Agronómica. 41(1/4): 37-45.

Introducción

Las termitas o comején son insectos de amplia distribución y prosperan en diversos ambientes y condiciones. En la agricultora no es considerado una plaga relevante pero sí existen condiciones que le favorecen para la invasión e incremento de sus poblaciones se pueden convertir en una molestia para los agricultores. En caña de azúcar es común encontrar nidos aéreos literalmente envolviendo los tallos, nidos dentro de tallos que han sufrido algún daño y que permite el ingreso de los insectos, viviendo y destruyendo la cepa o afectando los esquejes de siembra.

LAS TERMITAS EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.)

José Daniel Salazar Blanco[1], Eduardo Cadet Piedra[2], Rodrigo Oviedo Alfaro[3]

Taxonomía

Más de 2.600 especies de termitas en cinco familias comprenden el orden al cual pertenecen las termitas (Asencio *et al.* 2013), pero en las familias Rhinotermitidae y Termitidae es donde están las principales especies que provocan daños en cultivos:

Orden Isóptera (Termitas, Comejenes)
* Familia Hodotermitidae
- Familia Kalotermitidae
- Familia Rhinotermitidae
- Familia Serritermitidae
- Familia Termitidae

En el cultivo de la caña de azúcar existen varias especies reportadas. En Costa Rica predominan *Heterotermes aureus* y *Nasutitermes* spp. (Saunders *et al.* 1998). En América Central se encuentra *Heterotermes aureus* y *H. convexinotatus* (Rhinotermitidae) y *Nasutitermes* spp. (Termitidae) (Coto y Saunders, 2004). En Brasil se reportan los géneros *Heterotermes tenuis*, *Cornitermes* sp., *Procornitermes* sp., *Nocapritermes* sp. y *Syntermes* sp. (Dias y Rossetto, 2002).

Biología

Las termitas son insectos sociales que viven en colonias, se alimentan de tejidos leñosos; su preferencia por estos tejidos en el estado de descomposición varía de acuerdo con la especie del insecto, incluso algunas especies se alimentan de tejido vegetal vivo (Flores, 1994). De manera general se pueden agrupar en cuatro: termitas de madera húmeda, de madera seca, las arbóreas (las tres colonizan tallos) y la termitas subterráneas (Asencio *et al.* 2013).

Los enjambres de adultos alados salen de los termiteros entre abril y mayo al inicio del periodo de lluvias con el objeto de producir nuevas colonias y la expansión o colonización a áreas nuevas. Los ambientes húmedos o el suelo húmedo son determinantes en el desarrollo de las colonias. Responden a diferentes estímulos por sustancias químicas (feromonas) que son importantes en la comunicación para orientación, alarma y defensa.

Tienen cuerpo blando que pueden perder agua rápidamente cuando se exponen al aire seco. Dentro de colonias existen grupos de individuos con formas corporales diferentes y que desarrollan labores específicas (castas). Una colonia la componen las obreras, los soldados, el rey y la reina (Márquez *et al.* 2009).

Las obreras son las responsables de la construcción y reparación del nido, los soldados realizan la defensa de la colonia ya sea con las

[1]Ing. Agrónomo. Programa de Fitosanidad. Jefe Manejo de Plagas - DIECA. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. jsalazar@laica.co.cr

[2]Ing. Agrónomo. Programa de Fitosanidad. Manejo de Plagas - DIECA. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. ecadet@laica.co.cr

[3]Tec. Agrícola. Programa de Fitosanidad. Manejo de Plagas - DIECA. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. roviedo@laica.co.cr

mandíbulas o la segregación de sustancias químicas contra sus enemigos.

El rey y reina son responsables de la reproducción. La reina es de tamaño muy superior al resto de miembros de la colonia, puede vivir entre 25-50 años. Las alas las rompen antes de cópula, construyen una celda real y luego entran en una fase de inactividad. Pueden poner entre 8.000 y 10.000 huevos/día. El huevo se rompe después de 30-90 días de la ovoposición. Antes de pasar a adulto las larvas efectúan varias mudas, proceso que dura unas horas. (Asencio *et al.* 2013).

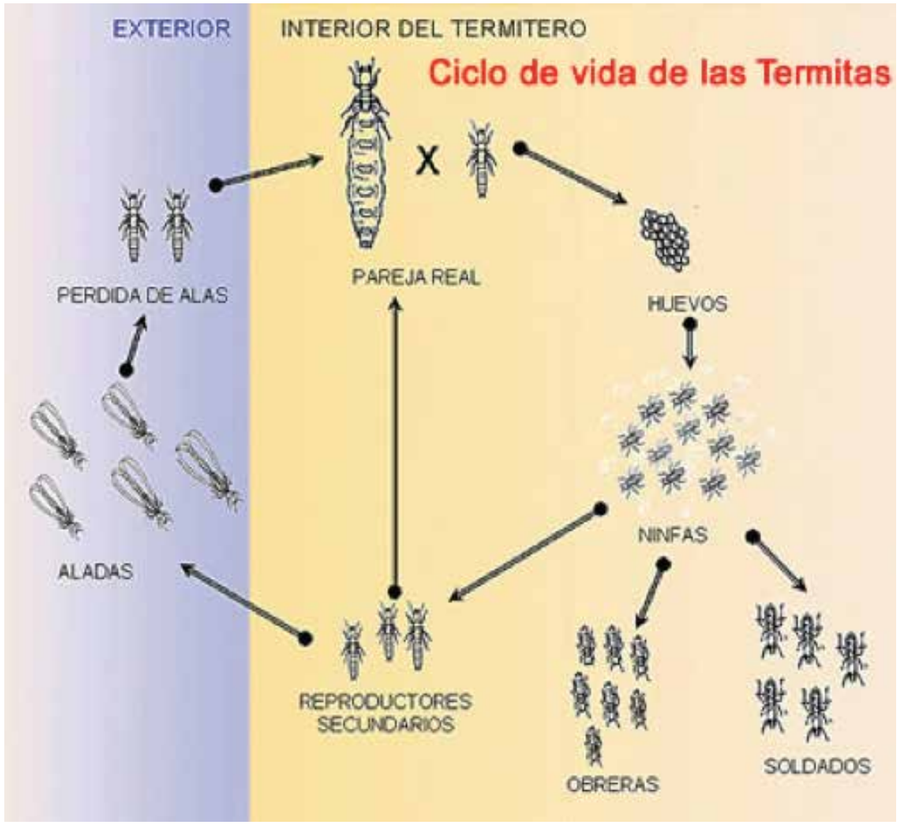


Figura 1.

Ciclo de vida y composición de una colonia de termitas. (http://expu.blogspot.com/2016/10/plagas-de-madera.html Imagen de Biotec Ambiental)

En el cultivo de la caña de azúcar ocurre un proceso de colonización que se puede sintetizar de la siguiente manera:

Suelo → Residuos de cosecha → Caña

En el periodo seco las termitas se encuentran en los nidos en el suelo, el proceso de cosecha va dejando material vegetal en el campo que le sirve de alimento y con el inicio del periodo de lluvias y la humedad en el suelo se presenta el incremento de las poblaciones.

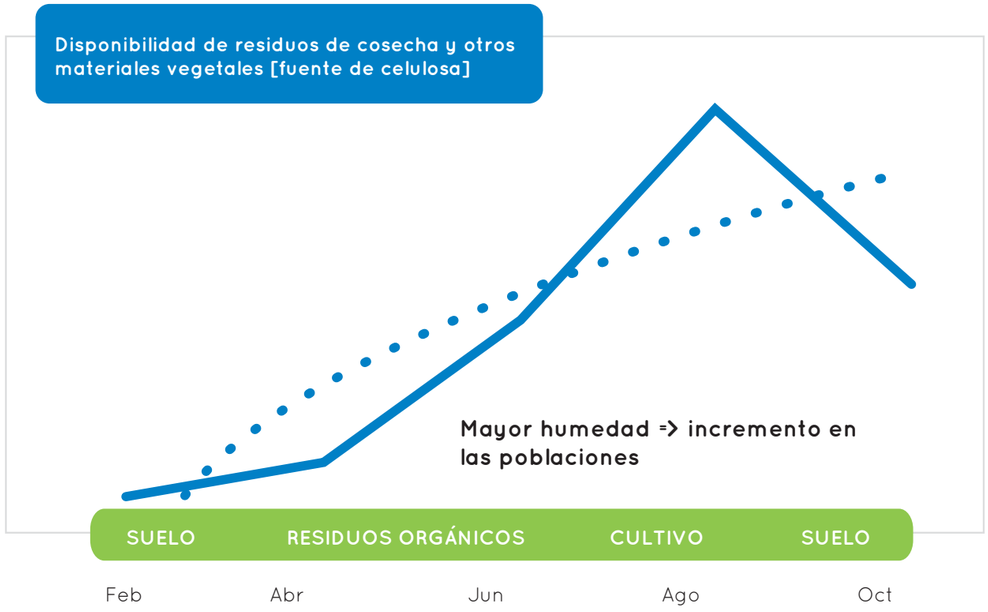


Figura 2.

Dinámica probable de colonización, establecimiento y reproducción de las termitas en un ambiente cañero. J.D. Salazar. 2017.

Alimentación

Prefieren maderas blandas con 20-30% de humedad, si no hay otro tipo de madera e incluso árboles y cultivos que contengan celulosa se establecen en las plantaciones de caña de azúcar (Asencio *et al.* 2013).

Daños

Por las características del insecto, se encuentran en el ambiente cañero especialmente durante periodos secos (Flores 1994) y afecta todos los estadios de desarrollo del cultivo. Puede afectar la semilla de la caña en plantaciones nuevas al ingresar en el esqueje por los extremos o las yemas afectando la germinación.

Los esquejes que se deshidratan antes de la siembra pueden ser preferidos. Cuando han brotado las yemas, las plantas se secan y mueren, en rebrotes afectan la cepa y provoca la disminución de la población de cepas, lo que obliga a hacer resiembras. En cultivos desarrollados, estos insectos destruyen el sistema radicular y perforan completamente los tallos ocasionando una disminución significativa en la producción (Flores 1994).

Se desarrolla mejor en suelos arenosos y en sitios con poca aireación que han pasado por un largo periodo de sequía. Los termiteros de barro entre el cultivo es perjudicial debido a su consistencia dura lo que dificulta las labores de mecanización de las operaciones agrícolas (Flores 1994).

Diferentes referencias indican valores de pérdida significativos, Gusmão *et al.* (1999), en Brasil menciona una disminución de 10 a 15 t caña/ha. Por otra parte Márquez *et al.* (2009) en Guatemala indica que por causa del comején se produce una reducción entre el 17% y 25% en el peso de los tallos.

Ellos lograron determinar un coeficiente de pérdida entre 0,45 (CP 72-1312) y 0,22 (CP 72-2086) toneladas caña/ha por cada 1% de tallos dañados. Asencio *et al.* (2013) en Guatemala, reporta un factor de pérdida de 0,38 TM/ha por cada 1% de tallos dañados en la variedad CP 88-1165.

En nuestro país se ha logrado determinar el factor de pérdida del complejo denominado BPC (barrenador común, picudo y comején) en la región Sur. Cadet *et al.* (2016) encontraron que por cada 1% de los entrenudos afectados por ese complejo se pierden 1,14 kg azúcar/t caña en la variedad LAICA 03-805.

Otros autores han logrado establecer datos de interés que reflejan el comportamiento del comején en las plantaciones de caña de azúcar y su preferencia por casi todos los componentes evaluados. Asencio *et al.* (2013) determinaron el porcentaje de ocurrencia del insecto en los componentes del material vegetal que se encuentra en el campo cañero encontrando valores en rangos muy amplios como se observa en el cuadro 1.

Los valores máximos de ocurrencia que determinaron fueron del 61,7% en la cepa (raíces), el suelo por debajo de la cepa (45,0%), los residuos de cosecha (41,7%) y esquejes (41,7%), sin ser despreciable la presencia en tallos.

Cuadro 1.

Porcentaje de ocurrencia de las termitas en una plantación de caña de azúcar.

Ubicación	% ocurrencia
Suelo debajo de cepa	19,1 - 45,0
Residuos de cosecha*	2,0 - 41,7
Esqueje	23,5 - 41,7
Raíces (cepa)	0 - 61,7
Tallos**	6,0

* Puede aumentar en 2 meses de un 2% al 42%.
**Incremento del 6 al 18% según la época del año y la disponibilidad de celulosa.
Fuente: Asencio *et al.* 2013, ajustado por Salazar

Márquez *et al.* (2009) describe las causas de infestación del tallo por el insecto en un trabajo que incluyó tres variedades.

Encontraron que las termitas pueden ingresar al tallo por rajaduras y orificios, así como en cañas postradas o por la base del tallo, seguramente por daños físicos (tallos quebrados o reventados).

También determinaron la presencia de los túneles por donde transitan los insectos.

Cuadro 2.

Causas de infestación de las termitas en tallos de caña de azúcar.

Causas	%
Base del tallo	87-97%
Orificios	84%
Tallos postrados	70%
Túneles superficiales	58%
Rajadura	49%

Fuente: Asencio et al. 2013, ajustado por Salazar

Beneficios

A pesar de los perjuicios que provoca al cultivo de caña de azúcar se debe indicar que este insecto interviene en procesos biológicos y ecológicos importantes como son el reciclaje de madera y otros componentes del agrosistema, construcción de túneles que ayudan a la aireación del suelo y además contribuyen con la fertilidad del suelo (Asencio *et al.* 2013).

Hospederos

Caña de azúcar, maíz, achiote, frutales (cítricos, macadamia, guanábana, aguacate, cacao, mango, marañón), coco, forestales, ornamentales (Coto y Saunders 2004).

Manejo

Antes de implementar alguna acción de control de las termitas, es necesario realizar observaciones de campo para verificar dentro de las plantaciones los focos donde se puedan ubicar los panales, pero también ubicar fuentes de contaminación que provoque el ingreso de las termitas a las plantaciones de caña de azúcar.

Prevención:

Evitar condiciones de humedad favorables, hacer control oportuno de malezas para visualizar el ingreso de las termitas a las plantaciones, evitar la acumulación de restos vegetales en descomposición, durante la cosecha evitar dejar trozos de caña o cañas completas tiradas en el campo. Uso de semilla sana libre de termitas (Flores 1994; Asencio *et al.* 2013).

Control físico:

Se deben destruir los nidos, buscando el insecto reina, para terminar el ciclo de reproducción (Osorio 2007). Remoción y destrucción de nidos de comején en infestaciones pequeñas o focalizadas. Eliminar termiteros en los linderos, eliminar residuos de cosecha que sean fuente de celulosa, remover troncos y ramas (Asencio *et al.* 2013)

Es necesario una buena preparación del terreno antes de la siembra y pasos de cultivadora mecánica después de la cosecha para que se desmenuce y trituren los termiteros. En condiciones de alta infestación se puede realizar la desaporca para romper y exponer los nidos de las termitas, aplicar un insecticida y después realizar la aporca (Flores 1994).

Control químico:

El producto registrado en Costa Rica para el control de termitas en caña de azúcar es el fipronil. Se recomienda usar a una dosis de producto comercial de 0,3 L/ha y da un efecto residual de 2 a 3 meses.

Control biológico:

Uso potencial de cepas patogénicas de las bacterias entomopatógenas *Bacillus thurigensis* (Bt) y *Serratia marcenses* y hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) (Almeida *et al.* 2000). Se reportan en literatura varios enemigos naturales que depredan a las termitas como hormigas, chinches, lagartijas, aves y el oso hormiguero.

Literatura consultada

Almeida, EM.; Alves, SB.; Almeida, LC. 2000. Controle de *Heterotermes tenuis* (Hagen) (Isoptera; Rhinotermitidae) e *Cornitermes cumulans* (Kollar) (Isoptera; Termitidae) com inseticida fipronil asociado ao fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. em isca atrativa na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, 67(2):235-241.

Arcila, AM.; Abadía, JC.; Achury, RA.; Carrascal, PFF.; Yacomelo, MJ. 2013. Manual para la identificación y manejo de termitas y otros insectos plagas de los cítricos en la región Caribe de Colombia. Bogotá, Colombia.

Asencio, JJ.; Márquez, JM.; López, E.; Torres, E. 2013. Evaluación de opciones de control de termitas subterráneas (*Heterotermes convexinotatus*) en caña de azúcar. Finca Reynosa, Ingenio Magdalena - CENGICAÑA. Seminario CAÑAMIP-CENGICAÑA. Escuintla, Guatemala

Cadet Piedra, E.; Salazar Blanco, JD.; Barrantes Mora, JC. 2017. Estimación del factor de pérdida por daños del complejo de plagas *Diatraea* spp., *Metamasius* spp. y *Heterotermes* sp. en la Región Sur de Costa Rica. Revista Entre Cañeros (8): 41-54.

Coto, D. y Saunders, JL. 2003. Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central. 1 edición. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 420 p.

Dias, A; Rossetto, R. 2002. Pragas nas raízes Cana-de-Açucar. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasilia, Brasil. (en línea, sitio web). Consultado 18 abr. 2016. Disponible en http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_132_272200817517.html

Flores, S. 1994. Las plagas de la caña de azúcar en México. Primera Edición. México. 350 p.

Márquez, JM.; Villagran, O.; Asencio, JJ.; López, A. 2009. Estudio del grado de daño y la estimación de las pérdidas causadas por termitas subterráneas en caña de azúcar, en Guatemala. CENGICAÑA – CAÑAMIP. Presentación en PDF. 36 diapositivas.

Osorio, G. 2007. Buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la producción de caña y panela. Manual Técnico. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) - FAO. Colombia. 84-85 p.

Saunders, JL.; Coto, DT; King ABS. 1998. Plagas Invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. 2ª ed. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Programa de Investigación. Serie técnica. Manual técnico (29). 239-240 p.

Figura 3.

Alados en termitero en el suelo debajo de la cepa (a),
presencia de termitero entre tallos de caña de azúcar en desarrollo (b)
y tallos colonizados por termitas (c).
Fotos: JD Salazar a y b 01-07-2016; c 15-12-2009.