

## PROTECCIÓN AMBIENTAL VS. PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL

*M.Sc. Alexander Bonilla Durán*

alebodu@hotmail.com

www.alexanderbonilla.com

tel. 2811021-3802726 Costa Rica.

La conservación ambiental siempre plantea un dilema: qué debe estar primero ¿?. La protección de los animales, los bosques, el agua o la producción agroindustrial y la generación de fuentes de empleo, las divisas para el país?

Ante de contestar esta interrogante, creo que es importante analizar el concepto de Desarrollo Sostenible o sustentable, que hoy se vincula con la productividad y la economía.

Según los expertos para definir Desarrollo sostenible o Sustentable (DS) hay que tomar en cuenta dos aspectos:

1. Las necesidades esenciales de los más necesitados: los pobres, los indigentes, los miserables del mundo.
2. Los obstáculos y limitaciones que imponen la tecnología y la sociedad, a las capacidades del ambiente para satisfacer las necesidades antes mencionadas.

Asimismo el logro de la sustentabilidad tiene que superar obstáculos como la falta de un compromiso ético con la sustentabilidad, la distribución desigual del poder y el acceso a la información y los recursos dentro de las naciones y entre estas; y el criterio de que es posible administrar por separado la conservación y el desarrollo (UICN, PNUMA, WWF, 1990).

En consecuencia, el desarrollo sustentable pretende que el proceso de transformación que busquemos, la utilización de los recursos, la orientación de las inversiones, la canalización del desarrollo tecnológico y los cambios institucionales, contribuyan a atender las necesidades humanas actuales y futuras. Para lograrlo, las políticas de desarrollo de nuestros países deben incrementar la capacidad de producción con equidad ambiental, y buscar que el crecimiento demográfico se

de tomando en cuenta la capacidad de carga de los ecosistemas productivos. O sea, es buscar un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Es utilizar los recursos naturales a un ritmo acorde con su capacidad de renovación. Es vivir de los "ingresos" de la naturaleza sin dilapidar su capital. Es "lograr una distribución más equitativa de los beneficios del progreso económico, y que se proteja el ambiente nacional y mundial, en beneficio de las futuras generaciones, y que se mejore genuinamente la calidad de vida".

Particularmente considero que si queremos obtener un verdadero DS, tenemos que revisar las políticas que se tienen tomando en cuenta su impacto en la ecología y en el desarrollo económico. Esto nos lleva a un replanteamiento del crecimiento, donde debe haber una mayor relación entre las políticas económicas y las ambientales.

El mundo será lo que nosotros queramos que sea; a cada quien le corresponderá forjar el destino de los que aún no han nacido.

Los muros se han derribado, y las guerras ideológicas han dado paso a una gran batalla por salvar el planeta.

Desde 1970 hasta la fecha se han perdido más 200 millones de hectáreas de bosques; los desiertos se han extendido en más de 120 millones de hectáreas; miles de especies de flora y fauna ya no existen, el ozono disminuye haciéndonos más frágiles ante los rayos solares; el calentamiento global es una amenaza real, y la población supera los 6000 millones de personas. Por todo ello es vital transformar nuestros valores y conductas. Debemos en consecuencia encontrar un verdadero DS.

La pobreza disminuye la capacidad de proteger el ambiente y aumenta las presiones sobre el medio. Pero

la conservación con hambre no puede ser, como tampoco la conservación puede coexistir con el sobreconsumo y el derroche. Sin embargo, las políticas ambientales no deben limitar el derecho al desarrollo que tenemos. No es justo que los países desarrollados, que muchas veces alcanzaron el desarrollo a costa de recursos naturales y contaminación, hoy pretendan, con presiones y restricciones ambientales al intercambio comercial, imponernos límites al desarrollo.

Nuestros países no quieren cometer los errores o delitos ambientales que cometieron los países industrializados para obtener su desarrollo, aunque reconocemos que en mucho de nuestro deterioro ecológico se debe a las políticas económicas y de desarrollo que esos países impusieron o impulsaron a través de organismos financieros internacionales. Ahora ha llegado el momento de que los países industrializados asuman su responsabilidad, pero no restringiendo o poniendo limitaciones a nuestro desarrollo, sino brindando los recursos económicos y humanos para promover una transferencia de tecnologías para lograr producir en los diferentes sectores con criterios ambientalmente aceptables. Igualmente deben pagar precios justos por nuestros productos, producidos en forma sustentable. Debe existir una relación de intercambio más equitativa entre los productores agrícolas, la industria y los consumidores.

Nuestros países quieren llegar a tener los niveles de exigencia y estándares ambientales que hoy tienen los países desarrollados, más ellos tienen que comprender que esto no lo podemos lograr de la noche a la mañana; o sea, tampoco nuestros gobiernos o grupos ambientales a nivel nacional pueden pretender paralizar el desarrollo aduciendo políticas ambientales.

La visión económica del mundo tiene que variar. Si bien es cierto que a nivel mundial los índices económicos son satisfactorios, estos se han logrado a costa de los recursos naturales. Durante los 80s las mercancías producidas y servicios prestados tuvieron un crecimiento constante, un 3% anual, que aumentó en 4.7 billones de dólares el producto mundial bruto en 1990. O sea, como se decía dice en el análisis de la situación del mundo de 1991 (L.Brown). "el crecimiento en la producción económica mundial durante los años ochenta fue mayor que el de los varios miles de años transcurridos desde el comienzo de la civilización hasta 1950". También el comercio mundial creció en los años ochentas, principalmente en el sector industrial. La población económicamente activa pasó de 1960 millones a 2360 millones en la misma década. Los precios de los valores tuvieron también una década notable.

Pero... mientras esos indicadores económicos se mostraban positivos "todos los indicadores del medio ambiente resultan marcadamente negativos". Los bosques se talan a una tasa anual de 17 millones de

hectáreas; el dióxido de carbono, principal gas efecto invernadero, aumentó a una tasa de 0.4% anual; una quinta parte de las especies de la tierra han desaparecido en las dos últimas décadas.

El crecimiento económico que necesitamos es el que resulte menos consumidor de energía y más equitativo en sus repercusiones sociales. El desarrollo que se propicie debe tomar en cuenta al ambiente y darse con justicia social. El grado de desarrollo que presentan algunos países no reflejan la realidad, porque no han tomado en cuenta en la elaboración de los índices económicos, el costo del deterioro ambiental. Esto vale para las empresas también. El día que esto se haga y que ese costo se contabilice en las cuentas nacionales o de las empresas, ese día habremos empezado a encontrar el camino hacia el verdadero desarrollo sustentable.

El país o empresa que quiera el DS debe empezar a conocer su realidad económica y no seguir ocultando el flujo de caja negativo que refleja el mal manejo del entorno natural. Cuando los políticos y empresarios conozcan el verdadero costo del deterioro ambiental, estarán más propensos a tomar medidas a su favor y comprenderán mejor el valor de promover un real DS. También creemos que desde el punto de vista económico las políticas de manejo de la deuda externa, los programas de ajuste estructural, el establecimiento del libre mercado, y otras acciones macroeconómicas, deben darse con equidad ambiental y justicia social( no se quiere como dijo el Papa, un neoliberalismo salvaje). Caso contrario, el deterioro se acelerará y con ello se golpeará a los más necesitados. Esto podría generar invasión a áreas protegidas, disposición inadecuada de desechos, deterioro de infraestructura y servicios básicos, ejecución de proyectos sin evaluaciones de impacto ambiental, merma al acceso de servicios de salud y educación, expansión de la pobreza, caída de salarios y fuentes de empleo, el subempleo, crecimiento de los índices de precios, intensificación de los cultivos no tradicionales de exportación, avance de la frontera agrícola en áreas marginales, etc.(CEPAL,1989).

### ***La clave entonces sería EL EQUILIBRIO...entre el desarrollo y la conservación***

Pero para lograr ese equilibrio hay que atender las necesidades esenciales de la población. Para qué árboles si la gente se muere de hambre, para que conservación con el estómago vacío: Hay que brindar mayores oportunidades de empleo, de vivienda digna, garantizar niveles mínimos de consumo. El deterioro ambiental puede ser fuente de caos social. Cuando falta el agua potable en las comunidades, producto de la destrucción de los bosques de las zonas de captación e infiltración, las poblaciones se sublevan. Gente sin trabajo y sin

satisfacer necesidades básicas de su familia, pueden verse obligados a atentar contra los recursos naturales. Estas situaciones se empiezan a ver en muchos lugares de Costa Rica y Latinoamérica en general. Por el contrario, si mejoramos los niveles de vida e ingresos para que los más pobres atiendan sus necesidades básicas, se prestará mayor atención a la conservación de los recursos naturales y la protección ambiental. Cuando “ el presente parece relativamente seguro, las personas pueden dirigir la mirada al futuro”(W.Reilly,1991).

En materia ambiental, lo que para nosotros puede ser el futuro, para el campesino o el que vive en áreas marginales, es el hoy, pues muchas de sus necesidades son inmediatas. Para el pobre no existe el mañana; para el pobre y su miseria solo existe el hoy. De tal manera que la vara ambiental con que se mide a unos, no es la misma para otros. Quien no entiendan esto no sabe, ni podrá lograr nunca un verdadero DS en nuestros pueblos.

El DS debe buscar conservar y mejorar la base de los recursos naturales. Solo así podremos hacer frente a los elevados niveles de consumo del mundo industrializado y del aumento de la población. Hay que conservar la biodiversidad pero con fines económicos o científicos en donde se vean beneficiados, los más necesitados.

Nuestros países no deben conservar la biodiversidad solo pensando en satisfacer las necesidades farmacéuticas y/o ecoturísticas de los países industrializados. Nuestros bosques no deben ser un bazar de disfrute de unos pocos. No. Nuestra biodiversidad la debemos proteger y conservar porque representará un elemento vital en el desarrollo de nuestros pueblos.

Tampoco creemos que nuestros problemas forestales o ambientales, se resolverá solo ampliando o creando más áreas de conservación., creando mas leyes ambientales o limitando y paralizando el desarrollo productivo. El ambiente lo protegeremos mejor cuando, de parte de todos, incluyendo al sector productivo, se tenga una nueva ética y visión ecológica.

Debemos desterrar el concepto conservacionista de la década de los setentas del siglo pasado, que fue bueno en su momento, cuando se establecieron muchas áreas desde los escritorios de la Capital y se establecieron restricciones, por ejemplo, sobre uso de químicos (luego de la Primavera Silenciosa de Rachel Carson). Hoy se consolidará un área protegida, no sacando al agricultor o campesino de su nicho social, de su finca o parcela, sino brindándole alternativas productivas dentro de la filosofía de la sustentabilidad, porque no debemos perder de vista que el ser humano es el principal recurso natural a proteger. Hoy conservaremos mejor al ambiente si se asume una mayor responsabilidad ambiental por parte de los empresarios.

Los problemas de tierras son una verdadera “bomba de tiempo” en nuestros países (sin excluir a Costa Rica),

junto con la falta de vivienda y fuentes de empleo. Cada día se agravarán más. La presión sobre los recursos naturales aumentará conforme aumente la población. Si el problema social, de fuentes de empleo, y otras situaciones no se resuelve, mañana, toda política ambiental que se haga no valdrá de nada para contener las invasiones de fincas con bosques o sin bosques. Tampoco nadie pensará en evitar la contaminación si antes no tiene satisfechas sus necesidades básicas.

Debemos forjar una agricultura y desarrollo rural sustentable que puedan correlacionarse armoniosamente con las áreas de protección, con los ríos, con el aire, con la salud humana. Esto se lograría si obtenemos seguridad alimentaria mediante la garantía de un equilibrio apropiado entre la autosuficiencia y la autorresponsabilidad, generando empleos e ingresos en las zonas rurales, especialmente para erradicar la pobreza, y estableciendo prácticas de protección ambiental y de conservación de los recursos naturales (Declaración Den Bosh, 1991).

Pero me temo que si en materia de conservación queremos “ser más papistas que el Papa” o “le jalamos muchos el rabo a la ternera”, lejos de beneficiar a la naturaleza, la estaremos condenando al desastre el día de mañana. Y cuando esto suceda ¿dónde estarán los teóricos ambientalistas, que solo hablaron y no visualizaron el mañana ni nunca entendieron el verdadero significado del DS?

El DS es buscar alternativas en la agricultura, en la industria, en la producción de energía, etc. Puede y debe haber producción de caña de azúcar, café, de banano, de flores, de Palma africana, de naranjas, en forma sustentable. Se puede tener un desarrollo industrial en forma sustentable.

Pero el DS no es justificante para hacer cualquier cosa que deteriore a la naturaleza o al hombre. Quien crea que amparado al DS puede venir por ejemplo a querer botar desechos tóxicos al país, está equivocado. Saber qué es DS es también tener un pensamiento, un cerebro sustentable, que pueda discernir sobre lo que mejor le convenga a la humanidad , después de conocer y valorar las diferentes variables que nos presentan sobre la implantación de un determinado proyecto de desarrollo.

En el mundo del futuro, en el mercado internacional, con las aperturas comerciales y la globalización, Costa Rica tendrá que competir por calidad. Un grado de calidad se podría obtener produciendo con equidad ambiental. Por ello creemos que empresarios, productores, industriales, importadores, y exportadores, deben prever mejor las repercusiones ambientales de las tecnologías que se apliquen. Tenemos que llegar a tener certificados de calidad que tomen en cuenta la sustentabilidad. El día que esto se haga y que los países industrializados valoren nuestra producción sustentables, se mejorará el ambiente natural y humano.

## **Costa Rica puede y debe promover el DS**

Somos un país de contradicciones, porque ocupamos un lugar de privilegio en materia de conservación de la biodiversidad por medio de áreas de protegidas, y la educación ambiental. Pero por otro lado, también somos unos grandes destructores de bosques tropicales y la contaminación de aguas o mal manejo de desechos es alarmante.

Yo creo que al ambiente le pasa hoy lo que le pasaba a las personas en los ambientes de trabajo hace más de 100 años. Tuvo que darse toda una revolución social para que al hombre se le diera el lugar que le correspondía.

Ahora le toca al ambiente su tiempo. Debe dársele el lugar que le corresponde, porque está en juego las actuales y futuras generaciones.

Pero... en asuntos ambientales, como en tantos otros, una cosa es decir y otra hacer, ver los resultados. Una cosa es hacer un programa de gobierno, una estrategia o lanzar una proclama, y otra hacer realidad lo que en ellas se plantea.

En materia ambiental, creo que unos se van a los extremos al querer una conservación pura, sin tomar en cuenta las realidades sociales y económicas; otros por el contrario ven en la conservación una limitante al desarrollo. Todavía no se entiende que conservación y desarrollo, pueden y deben ir de la mano.

Pero para lograrlo hay que tener los recursos humanos, económicos, tecnológicos, administrativos correspondientes. Yo considero que el país cuenta con estos recursos.

Por otra parte será muy difícil promover el DS si no participa la empresa privada, el industrial, el ciudadano. Por eso yo creo fundamental lograr una CONCERTACION AMBIENTAL entre el Poder Ejecutivo, el legislativo, los ciudadanos, los grupos ambientales, y el sector empresarial y el industrial. Unos y otros tendrán que ceder. Si no nos entendemos "nos jodemos todos" y el DS nunca lo encontraremos.

En cuanto al sector privado, considero que es fundamental que las Empresas adopten Códigos de Conducta e incorporen sistemas de Administración Ambiental en sus operaciones.

Las empresas deberían realizar sus actividades de conformidad con las leyes, los reglamentos, y las políticas ambientales establecidas por los Estados. Asimismo deben invertir en procesos de rehabilitación de los ecosistemas dañados por su culpa y aplicar la mejor tecnología en sus actividades (ONU, CES, 1988).

La gestión del DS para las empresas debe considerar aspectos de tiempo y espacio, donde los ejecutivos adopten una perspectiva a largo plazo sobre el ambiente y el desarrollo, teniéndola en cuenta a la hora de tomar decisiones a corto plazo.

La búsqueda del DS exige a los ejecutivos "contemplar los intereses de la empresa más allá de las puertas de la Fábrica"; se deben realizar evaluaciones ambientales en la ubicación de plantas y planes de contingencia para accidentes, por ejemplo.

Los ejecutivos deben contribuir a conservar los recursos del Planeta; deben utilizar en sus empresas tecnologías eficientes; procurar la diversidad de la producción; y contribuir a la conservación de la diversidad biológica y cultural (ONU, 1990).

### **PERO LA REALIDAD HOY ES QUE HAY UN CRECIENTE ACTIVISMO AMBIENTAL BASADO EN SITUACIONES COMO:**

- AGOTAMIENTO DE RECURSOS EN GENERAL
- PERDIDA DE BIODIVERSIDAD
- CAMBIO CLIMÁTICO-AGOTAMIENTO DE CAPA DE OZONO.
- CONTAMINACIÓN de AIRE, MARES, ETC.
- CONSUMISMO DESENFRENADO
- CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN
- VELOCIDAD DE LOS CAMBIOS.
- GLOBALIZACIÓN-APERTURAS COMERCIALES.

Y esta situación se está llevando a extremos, donde los grupos ambientales utilizan diferentes vías para confrontar y/o obstaculizar al sector productivo, a saber:

- la radical-- se reviven discursos ideológicos obsoletos.
- la legal administrativa.
- lo económico: presión de los consumidores, multas, cánones, etc.
- la educación-capacitación- información en medios.

### **ADEMÁS HAY OTROS FACTORES DE PRESION AMBIENTAL:**

- papel de las iglesias...Mensajes del Papa, carta pastoral...(hay casos...contra bananera, minería, etc.).
- Investigaciones de universidades: que luego se publican a nivel internacional y afectan al sector productivo (bananos, helechos, piña...)
- Enseñanza escolar, secundaria y aun universitaria: donde se presenta al DS pero solo con una visión...la negativa...
- Medios Informativos: solo lo malo, la denuncia ambiental es noticia.
- Sector burocrático: que ve al sector productivo como fuente de contaminación. Sólo ellos tienen la razón...
- Malos empresarios: que favorecen la corrupción, son depredadores, quieren el desarrollo a cualquier costo, burlan leyes y reglamentos.

### **Factores externos:**

- Presión ambiental internacional (ambientalistas y consumidores)
- Papel de organismos financieros internacionales— aplican el DS.
- Sistemas de Certificación ambiental.

### **EVIDENCIAS**

#### **En lo político:**

La sostenibilidad ha permedado en Gobiernos, Ministerios, Municipalidades, Asamblea Legislativa.

#### **En lo administrativo**

Se han creado nuevas instancias como SalaIV, Defensorias, Tribunales Ambientales, Fiscalías ecológicas, etc.

#### **En lo legal:**

Se modifican constituciones, se adoptan tratados internacionales, nuevas leyes, decretos, etc.

#### **En lo Económico:**

Hay recursos internacionales y hasta locales para apoyar programas , denuncias, investigaciones.

Todo lo anterior, aunado al creciente poder de la Sociedad Civil (derivado de ECO 92)

SE CONVIERTE EN ORGANISMO DE PRESION PARA DETENER, u OBSTACULIZAR PROYECTOS DE DESARROLLO O IMPONER REQUISITOS QUE LOS HACEN ANTICOMPETIVOS.

O SEA....CON LAS INSTANCIAS LEGALES Y ADMINISTRATIVAS QUE SE TIENEN Y LA PRESIÓN DE LA SOCIEDAD CIVIL,... CASI SE PUEDE PARALIZAR CUALQUIER PROYECTO PRODUCTIVO.

ALGUNOS HAN LLAMADO ESTO "LA CONSPIRACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE"

### **QUÉ HACER ENTONCES ANTE LA "CONSPIRACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE"**

Recomendamos que las empresas adopten las siguientes medidas:

1. Publicar y adoptar una declaración sobre el DS .puede ser su Política ambiental.

2. Comprometerse al cumplimiento de la normativa ambiental existente y aplicable a su actividad.
3. Adoptar Instrumentos de Gestión Ambiental, entre algunos:

#### **Internacionales:**

- Sistemas de Administración Ambiental (ISO 14001): incluye una política ambiental, procedimientos operativos, auditorias, certificación.
- Acuerdos de Producción Limpia : incluye la prevención de la contaminación, minimización de desechos, la ecoeficiencia.
- Códigos o Prácticas Forestales (FSC). Para las operaciones forestales. Se dan certificaciones.
- Buenas Prácticas Agrícolas (EURE-GAP): para la producción, procesamiento y transporte en la agricultura. Inicio para Europa, ahora es valido para todo el mundo.
- Conducta Responsable. Se adopto para la industria química para mejorar los procesos de producción, manejo, distribución, disposición de sus productos.
- Agricultura Orgánica. Agricultura alternativa sin uso de agroquímicos. Debe certificarse.

#### **Locales:**

- Bandera Azul.
- Bandera Ecológica.
- Acuerdos o compromisos ambientales negociados locales.
- Promover procesos de reducción de recursos naturales y disminuir la producción de desechos.
- Crear Gerencias Ambientales.
- Promover la realización periódica de Auditorías ambientales.
- Ser transparentes ante la comunidad.
- Utilizar modernas tecnología...atacar el problema en la fuente.

Estimo que a esta altura de un nuevo siglo, no debemos tomar actitudes de oponernos por oponernos a todo. Lo que debemos es dar una lucha en lograr que los proyectos y actividades se lleven a cabo con criterios de sostenibilidad.

No debemos permitir que a nuestros países los conviertan en basureros de desechos tóxicos, o que nos vendan productos, procesos o tecnologías desechadas por su toxicidad en otros países. Eso no sería DS. Creo que los grupos ambientales y los ecologistas en general también debemos ser congruentes con la sustentabilidad y no creernos que somos los dueños de la verdad absoluta. Si no somos capaces de sentarnos nosotros mismos a discutir, analizar, y respetar la diversidad de

critérios, intereses y posiciones que tenemos, menos seremos capaces de pretender integrar al DS a otros sectores económicos del país.

### EN CONSECUENCIA

El desarrollo sostenible (DS) tal y como se está planteando esta afectando seriamente al sector productivo, haciéndolo anticompétitivo a nivel local e internacional. Esto crea complicaciones operativas y de planificación a todo el sector agroindustrial.

En filosofía, el DS tiene 3 pilares:

- lo ambiental,
- lo social
- lo económico.

Sin embargo, en la práctica solo la parte ambiental está aplicándose, debido a la potencialización que se hace de la sociedad civil y de los grupos ambientales, que en el proceso del DS tienen mayor participación que el sector productivo. El sector productivo deben tener igualdad de oportunidades dentro del DS.

La visión ambiental del DS que está dominando está alejando de Costa Rica a potenciales empresarios e inversionistas de Costa Rica, que miran toda la legislación, aparato administrativo y la presión social, como un riesgo. Creemos que la política del DS se está volviendo excesiva, desorganizada, y sin una coordinación coherente con la realidad agroindustrial costarricense. Esto debe cambiar, no para promover abusos o agresiones ambientales, sino para darle la oportunidad al sector productivo de incorporar el DS dentro del mundo empresarial, porque los cambios tecnológicos y asignaciones presupuestarias que implica el DS no se pueden lograr de la noche a la mañana. Tolerancia ambiental con responsabilidad pedimos para los empresarios que realmente crean en el DS; para los que no... que asuman las consecuencias, demandas, denuncias y su responsabilidad.

Solo así podremos salir adelante en estos momentos difíciles y prepararnos para el reto que nos plantea la globalización y las aperturas comerciales.

Pedimos no desconocer las variables sociales y económicas del DS: Este no lo podremos lograr con desempleo y otros problemas sociales, que se derivarían de la insostenibilidad a que está siendo llevado el sector productivo.

Para lograr el DS es imprescindible la participación del sector productivo. Por lo tanto debe dárseles mayor participación, comunicación, y discusión sobre las políticas de DS que se deseen impulsar. Debe darse la oportunidad de incorporar la visión empresarial dentro del DS, para no sumir al país en la desesperanza, desconfianza e insolvencia económica.

Deben darse reglas claras sobre el DS y que estas se respeten recíprocamente. Solo así se podrá tener realmente un país enrumbado hacia la sostenibilidad.

Debe haber tolerancia ambiental para los que deseen entrar a la producción sostenible, pero con respeto a la legislación, con responsabilidad y equidad. Solo de esta manera se podrán enfrentar los retos sociales y económicos de los próximos años.

### CONCLUSION

Yo estimo que el Sector productivo no está muy bien preparado para enfrentar los retos que le plantea las políticas del Desarrollo Sostenible, que invaden lo legal, lo administrativo y todo el quehacer nacional y mundial.

***No porque no puedan, si no porque no quieren.***

No está preparado porque está desorganizado y disperso, porque no llevan a cabo un verdadero monitoreo y transformaciones tecnológicas para acoplar el Desarrollo Sostenible, porque todavía no creen o no toman en serio el Desarrollo Sostenible (aunque hay excepciones), porque aunque tienen recursos económicos no los quieren gastar o los gastan sin una estrategia global.

Además existe mucho egoísmo, pues cada empresario quien jala para su saco", solo le interesa defender lo individual o particular. No comprenden que el Desarrollo Sostenible es un virus que va afectando todo a su paso.

Por lo anterior es que entonces al Sector Productivo un diputado, una ley ambiental, un grupo ambiental, lo pone a temblar y se ven amenazados de cerrar o paralizar su industria o actividad. Cuando esto sucede, entonces sí corren a pedir ayuda para, a veces realizar transformaciones cosméticas y enfrentar las críticas y amenazas locales o internacionales, por factores ambientales. Señores empresarios prepárense y actúen más responsablemente.

Qué debe hacer el Sector Productivo en materia ambiental

- El aplicar solo una variable del Desarrollo Sostenible en las políticas de un gobierno puede llevar al Sector Productivo a volverse menos competitivo en relación con otros países o sectores.
- El Desarrollo Sostenible implica tomar en cuenta lo ambiental, lo económico y lo social. Si solo se maneja el parámetro ambiental entonces el Sector Productivo Privado puede entrar en problemas, pues verá incrementado sus costos de operación, se le restringirá su rango de acción y entonces llegaría a ser menos competitivo.

Si a esto le suma los impuestos a los activos, costos de certificaciones, de barreras no arancelarias y otros factores, se complica la cosa. Es por ello que entonces muchos potenciales inversionistas se alejan del país. Lo encuentran tan complicado y tan burocrático, que prefieren irse a otro lado. Además están muy preocupados por la beligerancia de los grupos ambientales, que les causan presiones y escándalos internacionales.

- Las medidas de sostenibilidad no necesariamente deben llevar a obstaculizar el Sector Productivo. Más bien, en algunos sectores se podría tener un grado de calidad más, el ambiental, que se podría comerciar a nivel internacional, como ya se hace con algunos productos manejados sosteniblemente.

El Sector Productivo lo que tiene que hacer es prepararse y asumir el reto del Desarrollo Sostenible:

Una forma sería conformar y financiar una AGENCIA NACIONAL AMBIENTAL, donde puedan tener acceso a información, investigaciones, asesoría legal, acceso a medios informativos, uso de nuevas tecnologías, participación en reuniones y foros, etc. De esta manera, puede jugar en igualdad de condiciones con la virulencia creciente del sector ambiental (sociedad civil), y convertirse en interlocutores válidos ante agencias de protección ambiental gubernamentales y grupos internacionales.

**EL SECTOR PRODUCTIVO....O SE PREPARA PARA ENFRENTAR LOS RETOS DE LA SOSTENIBILIDAD DE ESTE NUEVO SIGLO....O LOS BARRE LA "CONSPIRACIÓN" DE LA SOSTENIBILIDAD.**

## **AIRE LIMPIO Y PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL: EL CASO DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA COSTARRICENSE**

*Samuel Cubero Vargas*

Ministerio de Salud. Dirección de Protección Ambiente humano

### **Constitución Política de Costa Rica**

Artículo 50.-

Producción y el más adecuado reparto de la riqueza.  
Ambiente sano y ecológicamente equilibrado  
(Reforma Constitucional 7412 de 3 de junio de 1994)

### **Ley N° 7554 Ley Orgánica del Ambiente**

Artículo 49.

El aire es patrimonio común

La calidad del aire: los niveles permisibles de contaminación fijados por las normas correspondientes.

Emisiones directas o indirectas: debe reducirse y controlarse, de manera que se asegure la buena calidad del aire.

### **Ley N° 5395 Ley General de Salud**

Artículo 296.

Los medios y sistemas para evitar descargas, emisiones que causen o contribuyan a la contaminación atmosférica.

Artículo 297.

Prohibido el funcionamiento de toda fábrica o establecimiento industrial o comerciales que causen o contribuyan a la contaminación atmosférica

### **Ley N° 833 Ley de CONSTRUCCIONES**

Artículo 70.

Cuando las sustancias desprendidas en forma de polvos, gases, etc. Pueden dañar la salud de los habitantes, será requisito indispensable tratar en forma adecuada dichas sustancias antes de lanzarlas al exterior.

Reglamento de Construcciones

### **CAPITULO IV.**

#### **DISPOSICIONES GENERALES PARA EDIFICIOS**

ARTÍCULO IV.19.- Construcciones cerca de colindancias.

Colindancia en caso de máquinas de vapor, la distancia mínima será de tres metros.

Reglamento de Construcciones

### **CAPITULO X.**

#### **ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES**

ARTICULO X.10.- Chimeneas.

Altura mínima 5,00 m

Edificio de mayor altura a 25,00 m

Terminarán en un tubo de hierro con una rejilla de alambre

ARTICULO X.13.- Calderas.

Reglamento de Calderas del Consejo de Salud Ocupacional, del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

Reglamento de Construcciones

ARTICULO X.18.- Protección contra polvo.

Chimeneas de 5 m

Edificio más alto en un radio de diez metros

Filtros o precipitadores

< 300 millones de partículas por metro cúbico, ni más de cuarenta por ciento de sílice.

En casos especiales los establecimientos deberán ser sometidos a los requisitos sanitarios que determine el Ministerio de Salud.

Reglamento de Construcciones

ARTICULO X.19.- Protección contra humo o chispas.  
Aparatos de combustión estén provistos de implementos y accesorios suficientes para que la combustión sea completa.

Chimeneas construidas por  $\geq 5$  m de edificio más alto en un radio 25 m.

Rejillas de alambre o cedazo con el fin de evitar la salida de cuerpos de ignición

Dispositivo para que las partículas detenidas bajen por conductos cerrados a cajas colectoras.

Reglamento de Construcciones

ARTICULO X.20.- Protección contra vapores.

Instalaciones necesarias para condensarlos y evitar, en lo posible, que salgan al exterior.

**DECRETO No. 11492-SPPS**

**REGLAMENTO SOBRE HIGIENE INDUSTRIAL**

ARTICULO 5º: Establecimientos industriales molestos:

Ruidos

Trepidaciones

Humo

malos olores

cambios sensibles de temperatura

Luces

Polvo

Gases

humedad u otros inconvenientes.

ARTICULO 10º: Se entenderá que existe incomodidad por polvo, chispas, humo o vapores, cuando estos elementos penetren en las habitaciones vecinas o ensucian muros o techos.

ARTICULO 15º: Los establecimientos incómodos por vapores deberán emplear procedimientos conducentes a condensarlos o mitigarlos

ARTICULO 22º: Ningún establecimiento podrá funcionar si:

elemento de peligro

Insalubridad

incomodidad para la vecindad

mantenimiento de su local

sus operaciones

Eliminación de los desechos

residuos o emanaciones

los ruidos que produce su operación.

ARTICULO 23º: Los establecimientos industriales que funcionen antireglamentariamente:

Podrán ser clausurados por la autoridad de salud

Obligados a cumplir las órdenes e instrucciones de la autoridad de salud.

**Reglamento sobre Inmisión de contaminantes Atmosféricos N° 30221-S**

Artículo 1º—Objetivo.

Establecer los valores máximos de inmisión del aire (calidad del aire)

Preservar y mantener la salud humana, animal o vegetal, los bienes materiales del hombre o de la comunidad y su bienestar

Disponer las medidas correctivas cuando se sobrepasen los valores máximos de inmisión o se produzcan contingencias ambientales.

Artículo 7º— Muestreos Perimetrales

En los alrededores de los establecimientos industriales

No sea factible una medición en ductos o chimeneas

Exista una denuncia por contaminación atmosférica

Recomendado por una inspección de un ente oficial o acreditado

MS podrá ordenar los muestreos perimetrales que considere pertinentes para la evaluación del impacto de fuentes generadoras específicas.

DPAH: el formato requerido para la confección del Reporte Operacional en Inmisión.

Reporte Operacional en Inmisión podrá sustituir el Reporte Operacional de Emisiones para Fuentes Fijas solamente en aquellos casos que el Ministerio de Salud autorice o sea complementario.

Puntos de muestreo: el artículo 6º "Representatividad de las estaciones de muestreo".

Artículo 5º—Valores de referencia de Calidad del Aire

Concentraciones de contaminantes no deberán ser superiores a los valores máximos de inmisión

Métodos de muestreo

Métodos de análisis

NIVELES MAXIMOS EN INMISION				
Contaminante	Valor de Referencia	Método de Cálculo	Método de Muestreo	Método Analítico
Partículas totales en suspensión (PTS)	90 µg/m³	Promedio aritmético anual	Alto Volumen	Gravimetría
	240 µg/m³	Promedio aritmético en 24 horas (*)		
Partículas menores o iguales a 10 micrómetros (PM10)	50 µg/m³	Promedio aritmético	Alto Volumen	Gravimetría
	150 µg/m³	Promedio aritmético en 24 horas (*)		
Dióxido de azufre (SO2)	80 µg/m³	Promedio aritmético anual	Absorción (manual) o instrumental	Pararosanilina o método equivalente
	365 µg/m³	Promedio aritmético en 24 horas (*)		
	1500 µg/m³	Promedio aritmético en 3 horas (*)		
Monóxido de carbono (CO)	10 mg/m³	Promedio aritmético en 8 horas	Instrumental (automático)	Infrarrojo no dispersivo
	40 mg/m³	Promedio aritmético en 1 hora		
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	100 µg/m³	Promedio aritmético anual	Absorción (manual) o instrumental (automático)	Quimiluminiscencia, Colorimetría (Método de Satzman)
	400 µg/m³	Promedio aritmético en 1 hora		
Ozono O3	160 µg/m³	Promedio aritmético en 1 hora	Instrumental (automático)	Absorción U.V. , Quimiluminiscencia
Plomo Pb	0.5 µg/m³	Promedio aritmético anual	Alto Volumen	Absorción atómica
Sulfuro de Hidrógeno (H2S)	20 µg/m³	Promedio aritmético en 24 horas (*)	Absorción (manual) o instrumental (automático)	Hidróxido de Cadmio, Colorimetría
Cloruro de Hidrógeno (HCl)	200 µg/m³	Promedio aritmético en 24 horas (*)	Absorción (manual)	Cromatografía de iones Electrométrico
Fluoruro de	20 µg/m³	Promedio aritmético en 24 horas (*)	Absorción (manual)	Cromatografía de iones Electrométrico
Amoníaco (NH3)	500 µg/m³	Promedio aritmético anual	Absorción (manual)	Colorimetría (azul de Indofenol), Electrométrico
	1000 µg/m³	Promedio aritmético en 24 horas (*)		
Formaldehído (CH2O)	35 µg/m³	Promedio aritmético en 24 horas (*)	Absorción (manual)	Colorimetría, Cromatografía líquida de presión (HPLC) por U.V.
Hidrocarburos Totales Expresados como metano (CH4)	160 µg/m³	Promedio aritmético en 3 horas (*)	Absorción (manual)	Instrumental (automático), Cromatografía de gases (detector de ionización de llama, FID)

(\*) Sin sobrepasar este valor más de una vez al año.

### Clasificación de calderas

Tipo de caldera	A	B	C	D
Capacidad de producción de vapor (kg/hr)	>7500	>2000 a 7500	>70 a 2000	<70
Área (m²) superficie de calefacción	> 200	>60 a 200	>2 a 60	<2
Energía 100 psig (kW)	>5800	>1500 a 5800	>54 a 1500	<54
Energía 150 psig (kW)	>5954	>1584 a 5954	>55,7 a 1584	<55,7
Clasificación USA Energía (kW)	>73000	>29000 a 73000	<29000	

Nota: Clasificación de calderas según decreto N°26789 MTSS "Reglamento de Calderas".

### Ecuación de Energía de calderas

□ Ecuación de diseño: en kW

$$Q = U_G * A * \Delta T_{LN}$$

□ Ecuación de Evaporación: en kW

$$Q = m_{Vap} * C_p * (T - T_{ref}) + m_{Vap} * \Delta H_{Vap}$$

□ Ecuación de combustión: en kW

$$Q = m_{Comb} * \Delta H_{Comb} * \epsilon_{comb}$$

Nº 30222-S-MINAEReglamento Sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Calderas Artículo 4º— Valores Máximos de Emisión.

Calderas que queman combustibles fósiles y biomásicos

No contempla calderas que utilicen

desechos sólidos: llantas usadas, plásticos

Desechos líquidos: aceites quemados, solventes y plásticos, entre otros

El manejo de estos desechos y las emisiones que su utilización produzcan será regulado mediante norma especial.

A) PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN

Opacidad exceda del 20% en la escala de Ringelmann en 6 min.

Decreto Ejecutivo N° 25584-MINAE-H-MP, Reglamento para la Regulación del Uso Racional de la Energía, La Gaceta N° 215 del 8-11-96.

A.1) Utilización de combustibles fósiles líquidos en calderas

Emisiones permitidas para Calderas que utilizan combustibles líquidos (mg/Nm<sup>3</sup>)

Categoría (*)	Grandes A	Medianas B	Pequeñas C,D
Existentes	150	175	250
Nuevas	120	150	175

(\*) De acuerdo con el Decreto Ejecutivo N° 26789-MTSS, Reglamento de Calderas, La Gaceta N° 65 del 2 de abril de 1998.

A.2) Utilización de combustibles fósiles sólidos en calderas.

Carbón mineral y otros: 100 mg/Nm<sup>3</sup> para todos los tamaños de calderas.

A.3) Utilización de combustibles biomásicos en calderas

Emisiones permitidas para Calderas que utilizan combustibles biomásicos (en mg/Nm<sup>3</sup>)

Categoría (*)	Grandes A	Medianas B	Pequeñas C,D
Existentes (**)	220	220	220
Nuevas	120	150	175

(\*) De acuerdo al Decreto Ejecutivo No. 26789-MTSS, Reglamento de Calderas, La Gaceta N° 65 del 2 de abril de 1998.

(\*\*) Se otorga un plazo de cinco años, a partir de la promulgación de este Reglamento, para que todas las calderas existentes (grandes, medianas y pequeñas) emitan partículas en suspensión en concentraciones menores o iguales a 220 mg/Nm<sup>3</sup>.

Para el plazo de cinco años, el Ente Generador debe presentar un programa a la DPAH, junto con su primer Reporte Operacional, donde se indique claramente el cronograma que se seguirá con el fin de ajustarse a las normas establecidas.

B) DIÓXIDO DE AZUFRE

B.1) Utilización de combustibles fósiles líquidos en calderas.

Emisiones permitidas para Calderas que utilizan combustibles líquidos (mg/Nm<sup>3</sup>)

Categoría (*)	Grandes A	Medianas B	Pequeñas C,D
S < 1.0 %	1500	1500	-
1.0 < S < 2.5%	2500	2500	-
S > 2.5%	4000	4000	-

(\*) De acuerdo al Decreto Ejecutivo N° 26789-MTSS, La Gaceta N° 65 del 2 de abril de 1998.

S = contenido de azufre en el combustible en porcentaje

A partir del año 2003 no se permitirán concentraciones de SO<sub>2</sub> en calderas superiores a 1500 miligramos por metro cúbico normal, siempre y cuando el contenido de azufre en el combustible fósil líquido, disponible en el mercado nacional, sea menor o igual al 1.0%.

B.2) Utilización de combustibles fósiles sólidos en calderas.

Carbón mineral y otros: 1500 mg/Nm<sup>3</sup> para todos los tamaños de calderas.

C. ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NOX)

C.1) Utilización de combustibles fósiles líquidos en calderas

Emisiones permitidas para Calderas que utilizan combustibles líquidos (mg/Nm<sup>3</sup>)

Categoría (*)	Grandes A	Medianas B	Pequeñas C,D
Existentes	515	515	-
Nuevas	300	300	-

(\*) De acuerdo al Decreto Ejecutivo No. 26789-MTSS, Reglamento de Calderas, La Gaceta N° 65 del 2 de abril de 1998.

C.2) Utilización de combustibles fósiles sólidos en calderas.

Carbón mineral y otros: 860 mg/Nm<sup>3</sup> para todos los tamaños de calderas.

## El aire

- El aire puro: 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y un 1% de gases como: CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, argón, xenón, radón, etc.
- Contaminación del aire: la adición de cualquier sustancia que altere sus propiedades físicas o químicas.
- Contaminantes atmosféricos más comunes: CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, HC, oxidantes fotoquímicos y las partículas (metales pesados, silicatos, sulfatos, entre otros).
- El hombre inhala: aprox. 14 mil lts. de aire/día
- Puede soportar sin la cantidad necesaria 5 minutos
- Cualquier alteración al aire afecta al hombre y a todo lo que lo rodea.

## Medición de emisiones

La medición de las emisiones a la atmósfera permite establecer medidas reguladoras sobre la calidad del aire y particularmente sirve para establecer valores límite permisibles que no representen riesgos a la salud de la población y efectos adversos al ambiente.

## Monitoreo atmosférico

- Se define como monitoreo atmosférico a todas las metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar en forma continua las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire en un lugar establecido y durante un tiempo determinado.
- Su importancia:
  - formular los estándares de calidad de aire
  - Llevar a cabo estudios epidemiológicos que relacionen los efectos de las concentraciones de los contaminantes con los daños en la salud
  - especificar tipos y fuentes emisoras
  - llevar a cabo estrategias de control y políticas de desarrollo acordes con los ecosistemas locales

## Objetivos de monitoreo

- Establecer bases científicas para políticas de desarrollo.
- Determinar la congruencia con las normas y los criterios legales.
- Estimar los efectos en la población y en el ambiente.
- Informar al público acerca de la calidad del aire.
- Proporcionar información de fuentes y riesgos de contaminación.

- Llevar a cabo evaluaciones de tendencias a largo plazo.
- Medir los efectos de las medidas de control en la calidad del aire.
- Estudiar las reacciones químicas de los contaminantes en la atmósfera.
- Calibrar y evaluar modelos de dispersión de contaminantes en la atmósfera.

## Monitoreos atmosféricos

- Muestreos de un área o región determinada.
- Muestreos de la contaminación causada por fuentes emisoras:
  - Fijas
  - Móviles
- Muestreos específicos, generalmente relacionados con personas.

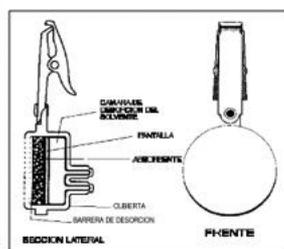
## Contaminantes atmosféricos

- Más de 100 contaminantes:
  - Inorgánica: 20 elementos metálicos
  - Orgánica: hidrocarburos, ácidos y bases.
- Los contaminantes principales son:
  - bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y partículas suspendidas.
  - COV's (tolueno, xileno)
  - Depósitos de polvo y compuestos de material particulado como plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As), níquel (Ni), benzopirenos y hollín en el aire entre otros

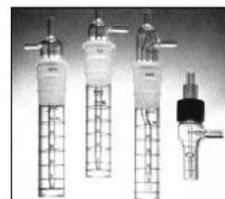
## TIPOS DE METODOLOGÍAS PARA MONITOREO ATMOSFÉRICO

Muestreadores Pasivos: Estos dispositivos de toma de muestra, un contaminante específico por adsorción y absorción en un sustrato químico seleccionado.

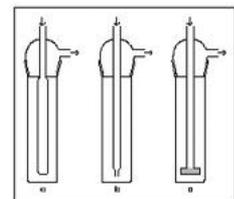
Muestreadores Activos: requieren energía eléctrica para bombear el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico.



MUESTREADOR PASIVO-DISTINTIVO  
(Cortesía Catálogo SKC, 1993, Ref. 17)



IMPINGERS (Cortesía SKC, Ref. 17)



FRASCOS ABSORBENTES (Ref. 2).

**METODOLOGÍAS DE MUESTREO PASIVO PARA DIFERENTES ESPECIES GASEOSAS CONTAMINANTES**

CONTAMINANTE	METODOLOGÍA	ANÁLISIS	COMENTARIOS	LÍMITES DE DETECCIÓN
NO <sub>2</sub>	Método de Tubo de Palmas.* Método de Yanagisawa y Nishimura.* Método modificado de Amaya-Sugiura* Método de Cadoff y Hodgeson.* Método de Lewis y Mulik.* Método de Ferm.*	Espectrofotometría. Espectrofotometría. Espectrofotometría. Espectrofotometría. Cromatografía de iones. Espectrofotometría.	La cromatografía de iones es muy cara pero también mide sulfatos.	200 ppb h*. 66 ppb h*. 34 ppb h*. 10 ppb h*. 25 ppb h*. 15 ppb h*.
NO	Método de Yanagisawa y Nishimura, usando como oxidante a CrO <sub>3</sub> .*	Espectrofotometría.	Agente oxidante tóxico e inestable.	66 ppb h*.
CO	Método que utiliza una Zeolita sólida (TENAX), como adsorbente.*	Desorción térmica, cromatografía de gases con detector de ionización de flama, después de la conversión a metano.	Está metodología no presentó efectos por factores ambientales como velocidad del viento, temperatura y humedad relativa.	30 a 1600 ppm h.

\* Límite de detección inferior en partes por billón hora.

\* Para información detallada sobre estas metodologías habrá que consultar las referencias 1, 12, 16 a 27.

**METODOLOGÍAS DE MUESTREO ACTIVO PARA DIFERENTES ESPECIES GASEOSAS CONTAMINANTES**

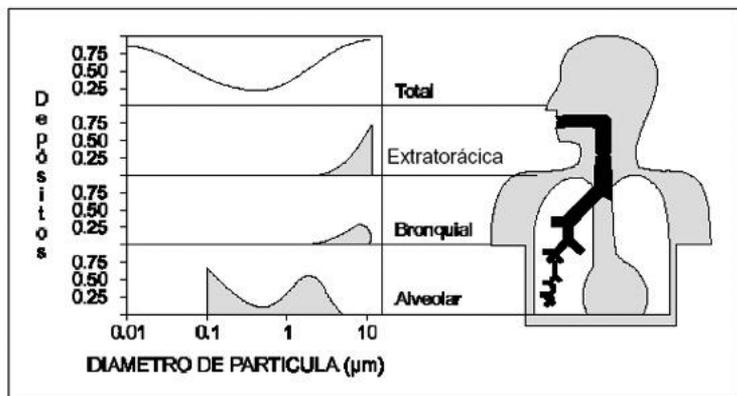
CONTAMINANTE	METODOLOGÍA	ANÁLISIS	COMENTARIOS
NO <sub>2</sub>	Método de Griess-Saltzman.* (Límite de detección 10-40 ppb) Método TGS - ANSA <sup>†</sup> , * Método de película de sorbente sólido.*	Espectrofotometría o Colorimetría. Espectrofotometría. Extracción con una base diluida y determinación fotométrica de la concentración.	No es recomendable para periodos de muestreo igual o mayor a 24 h. Ventajas en la estabilidad de la reacción con respecto al método de Saltzman. Completa eliminación de pérdidas de la solución. Fácil manejo. Principio aplicable para la determinación de otras especies: SO <sub>2</sub> , HF, HCl, H <sub>2</sub> S y fenol.
O <sub>3</sub>	Método NBKl <sup>++</sup> , * (Rango de detección 5 ppb a >1 ppm)	Espectrofotometría.	Se recomienda un análisis rápido, ya que el complejo de yoduro se deteriora con el tiempo, presenta diferencias de hasta ±20% de la concentración real. Interferencias potenciales de NO <sub>2</sub> y SO <sub>2</sub> . SO <sub>2</sub> puede ser removido pasando el aire muestreado por un filtro de fibra de vidrio impregnado con trióxido de cromo.
HC	Colección en "canister" de acero inoxidable.	Cromatografía de Gases.	No es el método de referencia, sin embargo éste es el procedimiento más aceptado actualmente.

**Partículas aerotransportadas**

- Fracción Inhalable: Fracción de la masa del total de partículas el cual es inhalado por la boca o la nariz. 50% 100 µm.
- Fracción Extratorácica: Fracción de la masa los cuales no penetran más allá de la laringe;polen.
- Fracción Torácica: Fracción de la masa las cuales penetran hasta la región de los bronquios. 50% 0 a 10 µm., conocidas como PM10 (D50 = 10µm.), no >30 µm.

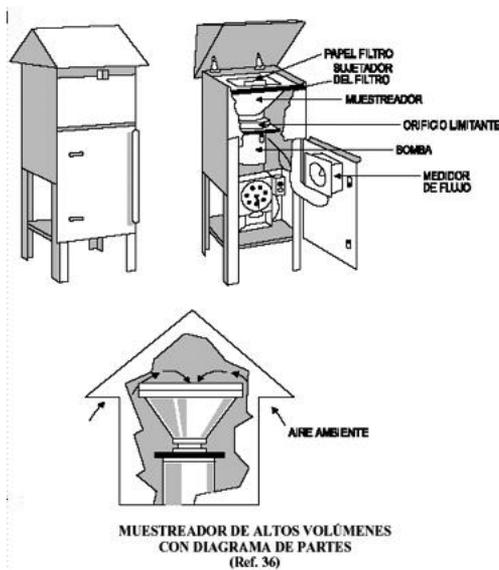
- Fracción Traqueobronquial: Fracción de la masa que no llegan a los conductos aéreos no ciliados. 50% de 0 a 10 µm.
- Fracción Respirable: Fracción de la masa que penetran a los conductos aéreos no ciliados. (Fracción Alveolar).50% 4 µm. población adulta saludable y de 2.5 µm. población de alto riesgo (PM4 y PM2.5), no > 12 µm.

**PARTÍCULAS**



**DEPÓSITO DE PARTÍCULAS EN EL TRACTO RESPIRATORIO DE ACUERDO A SUS DIÁMETROS (Ref. 1, modificada por el Dr. Laskus).**

## MUESTREO DE EMISIONES



## EFFECTOS A LA SALUD

### Muestreo de Emisiones

FIGURA 1. REQUISITOS PARA EJECUCIÓN DE MEDICIÓN DE EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS

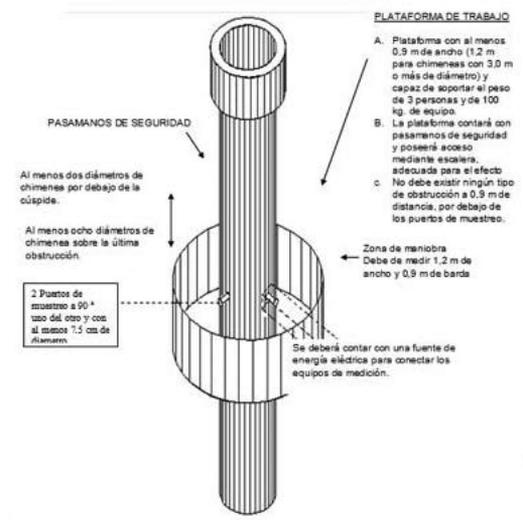
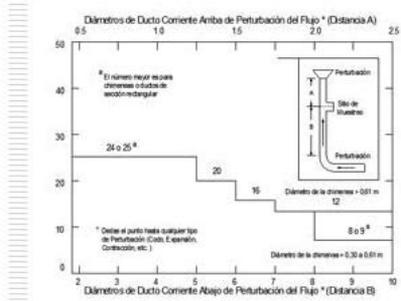


FIGURA 2. NÚMERO DE PUNTOS DE MEDICIÓN DE EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS



### Partículas:

- En Sao Paulo, + de 10 (g/m<sup>3</sup>) de las PM<sub>10</sub> se aumentó de 3% en la mortalidad diaria adultos +65 años
- Chile, 0.6% de aumento mortalidad diaria por un incremento de 10 (g/m<sup>3</sup>)
- Río de Janeiro, asociación entre el nivel promedio anual de partículas (PST) en distritos y la mortalidad por neumonía de infantes. Por cada 10 (g/m<sup>3</sup>) de aumento en PST se estimó un incremento de 2.2/10,000 en la mortalidad infantil por neumonía.
- Bióxido de azufre: produce efectos severos en forma de broncoespasmos, bronquitis química y traqueítis, como se ve en la exposición ocupacional. Hay una gran variabilidad en la sensibilidad a la exposición al SO<sub>2</sub> entre los individuos, en especial entre los individuos asmáticos.

Tabla 5.1.  
ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AIRE PARA DIFERENTES COMUNIDADES EN  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (ppm)

Contaminante	Tiempo promedio	BRASIL	CHILE	COLOMBIA	MÉXICO	PERÚ	VENEZUELA
Partículas Suspensas Totales (PST).	Anual <sup>a</sup> 24 Horas	80 240	75 260	76.8 400	75 <sup>b</sup> 260	300	75 260
Partículas Fracción (PM10).	Anual <sup>a</sup> 24 Horas	50 150	150		50 <sup>b</sup> 150		
Bióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ).	Anual <sup>b</sup> 24 Horas 1 Hora	80 (0.03) 365 (0.14)	80 (0.03) 365 (0.14)	100 (0.04) 400 (0.15)	79 (0.03) 341 (0.13)	160 (0.06)	80 (0.03) 365 (0.14)
Bióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).	Anual <sup>b</sup> 24 Horas 1 Hora	100 (0.05) 320	100 (0.05) 470 (0.25)	100 (0.05)	395 (0.21)		100 (0.05)

Nota: Todos los valores horarios y de 24 horas, no deberán de excederse más de una vez por año.  
<sup>a</sup> Media Geométrica.  
<sup>b</sup> Media Aritmética.

Tabla 5.1.  
ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AIRE PARA DIFERENTES COMUNIDADES EN  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (ppm) (continuación)

Contaminantes	Tiempo Promedio	BRASIL	CHILE	COLOMBIA	MÉXICO	PERÚ	VENEZUELA
Ozono (O <sub>3</sub> ).	8 Horas 1 Hora	160 (0.08)	160 (0.08)	170 (0.09)	216 (0.11) <sup>c</sup>		200 (0.10)
Hidrocarburos (no Metano).	3 Horas	160					160
Monóxido de Carbono, CO.	Media diaria 8 Horas <sup>b</sup> 1 Hora	10 000 (9) 40 000 (35)	10 000 (9) 40 000 (35)	15 000 50 000	12 595 (11)		10 000 35 000
Plomo, Pb <sup>b</sup> .	Trimestral Anual				1.5		2

<sup>a</sup> Media Geométrica.  
<sup>b</sup> Media Aritmética.  
<sup>c</sup> No debe excederse más de una vez cada tres años. Todos los demás valores horarios y de 24 horas, no deberán de excederse más de una vez por año.

Tabla 5.1.  
ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AIRE PARA DIFERENTES COMUNIDADES EN  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (ppm) (continuación)

Contaminante	Tiempo promedio	GUÍAS OMS	E.U.A. EPA	E.U.A. EDO. DE CALIFORNIA	JAPÓN	ALEMANIA	GUÍAS EC, HASTA 1996	
							Actuales	Consideradas para 1997
Partículas Suspensas Totales (PST).	Anual <sup>a</sup> 24 Horas		75 260			150 <sup>b</sup> 300 <sup>c</sup>	150 300 <sup>c</sup>	
Partículas Fracción, PM10.	Anual <sup>a</sup> 24 Horas 1 Hora		50 150	30 50	100 200			20 50 <sup>c</sup>
Bióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ).	Anual <sup>a</sup> 24 Horas 1 Hora 10 min.	50 (0.02) 125 (0.04) 500 (0.18)	79 (0.03) 341 (0.13) 1046 (0.40)		125 (0.04) (0.1)	140 400 <sup>c</sup>	140 400 <sup>c</sup>	125 350 <sup>c</sup>
Bióxido de Nitrógeno, NO <sub>2</sub> .	Anual <sup>a</sup> 24 Horas 1 Hora	40-50 (0.02) 200 (0.11)	100 (0.05) 300 (0.16)	(0.25)	(0.04-0.06)	80 200 <sup>c</sup>	200 <sup>c</sup>	40 200 <sup>c</sup>

Nota: Dados los posibles efectos en la salud a muy bajas concentraciones de partículas la OMS no recomienda ninguna guía.  
Todos los valores horarios y de 24 horas no deberán de excederse más de una vez por año.

<sup>a</sup> Media Geométrica.  
<sup>b</sup> Media Aritmética.  
<sup>c</sup> 98 Percentil.  
<sup>d</sup> Valores de alerta.

- Ozono: Efectos agudos del O<sub>3</sub>; por enfermedades respiratorias y ataque de asma, cambios en la función pulmonar. También irritación de los ojos, nariz y garganta, tos, resequead de garganta, dolor torácico, aumento en la producción de moco, sibilancias, opresión pulmonar, dolor subesternal, lasitud, malestado general y náusea.
- BIÓXIDO DE NITRÓGENO: puede ser tóxico en ciertos sistemas biológicos y exposición aguda afecta a ambos sistemas inmunitarios, el celular y el humoral, deterioro funcional de la respuesta inmune.
- MONÓXIDO DE CARBONO: disminuir el transporte de oxígeno a los tejidos, efectos neuroconductuales, efectos cardiovasculares, efecto de fibrinólisis y efectos perinatales. Reducción en la capacidad de captación de oxígeno con una capacidad de trabajo disminuida bajo condiciones de ejercicio extremo.

**Tabla 5.1.**  
**ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AIRE PARA DIFERENTES COMUNIDADES EN  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (ppm) (continuación)**

Contaminante	Tiempo promedio	GUÍAS OMS	E.U.A. EPA	E.U.A. EDO. DE CALIFORNIA	JAPÓN	ALEMANIA	GUÍAS EC HASTA 1996	
							Actuales	Consideradas para 1997
Ozono ( $\text{O}_3$ )	8 Horas 1 Hora	120 (0.06)	235 (0.12)	(0.10)	118 (0.06)	180 - 360 <sup>d</sup>		
Hidrocarburos (no Metano)	3 Horas		160					
Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ )	Medio diaria 8 Horas 1 Hora 30 min. 15 min.	10 000 (10) 30 000 (25) 60 000 (50) 180 000 (90)	10 000 40 000	10 000 22 900	10 000 (10) (20)	10 000 30 000 <sup>d</sup>		
Plomo ( $\text{Pb}$ ) <sup>b,c</sup>	Anual Trimestral		1.5			2	2	0.5
Cloro ( $\text{Cl}$ )	Anual 30 min					100 300 <sup>d</sup>		

**Nota:** Dados los posibles efectos en la salud a muy bajas concentraciones de partículas la OMS no recomienda ninguna guía. Todos los valores horarios y de 24 horas no deberán excederse más de una vez por año.

<sup>a</sup> Media Geométrica.

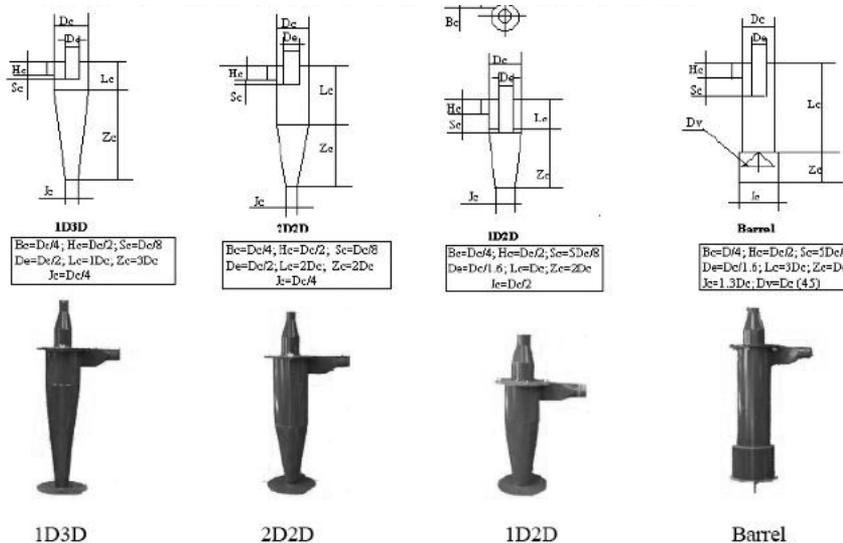
<sup>b</sup> Media Aritmética

<sup>c</sup> 98 Percentil.

<sup>d</sup> Valores de alerta

- EFECTO: Alteración biológica de un organismo, órgano o tejido
- EFECTOS CARDIOVASCULARES. Alteración producida en el sistema cardiovascular provocada por la presencia de algún agente externo.
- EFECTOS NEUROCONDUCTUALES. Cambio sufrido en la conducta por el organismo como respuesta a la presencia de algún agente externo.
- EFECTO SINÉRGICO. El que se observa cuando el efecto combinado de dos sustancias tóxicas administradas de manera simultánea es mayor que la suma de los efectos de cada agente administrado por sí solo.

### CONTROL DE PARTÍCULAS



## CASA DE BOLSAS

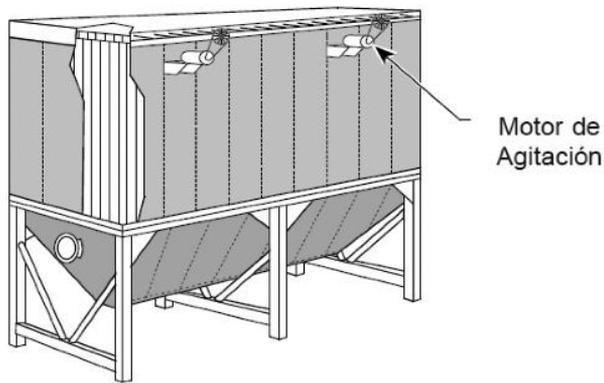
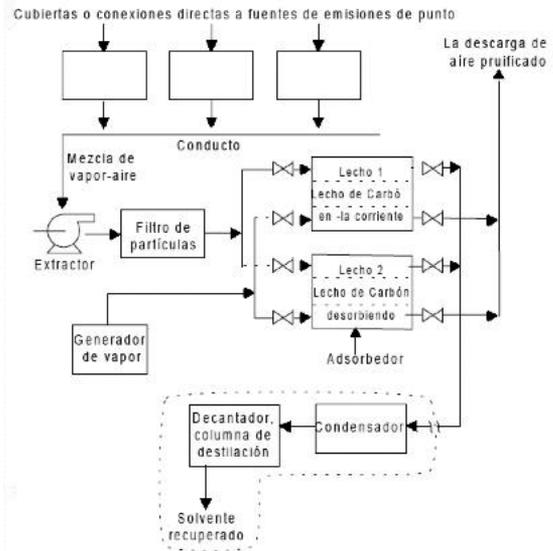


Figura 1.1: Casa de Bolsas Con Agitación Típica  
(Cortesía de la Universidad del Estado de Carolina del Norte, EE.UU.)

## ADSORBEDORES DE CARBÓN ACTIVADO



## PRECIPITADOR ELECTROSTATICO

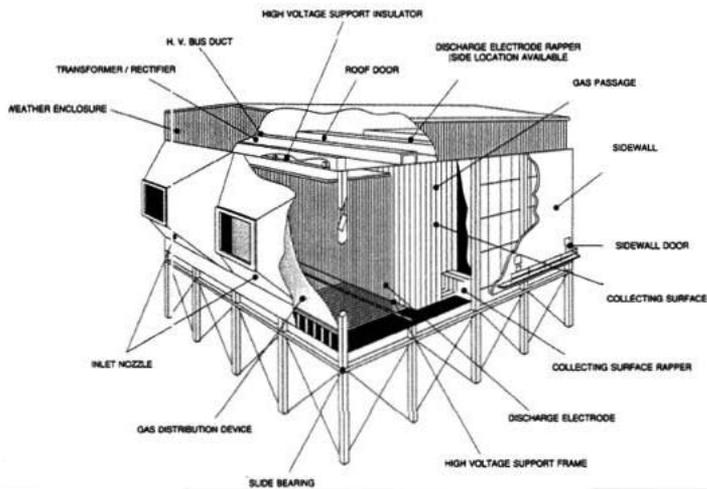
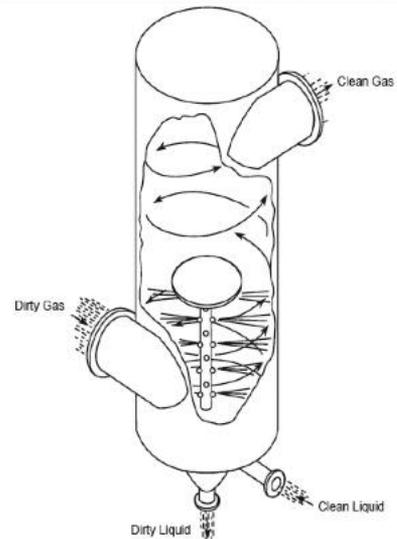
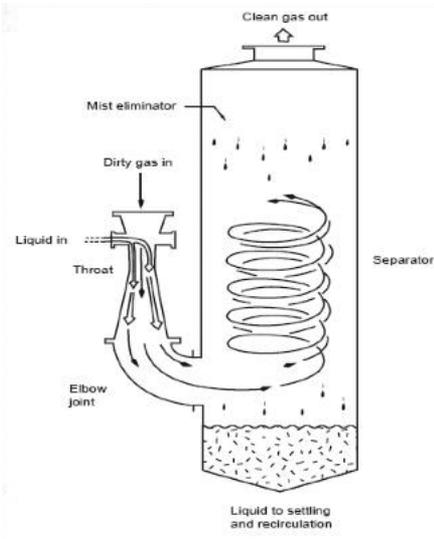


Figura 3.1: Componentes del Precipitador Electrostático

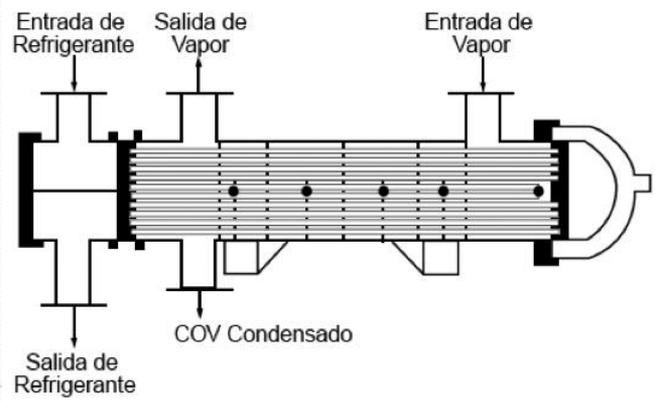
## TORRES DE LAVADO CICLONICO



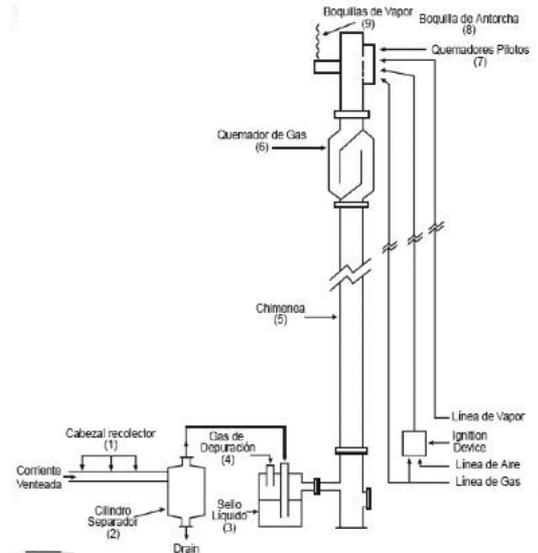
**TORRE DE LAVADO CICLONICO CON VENTURI**



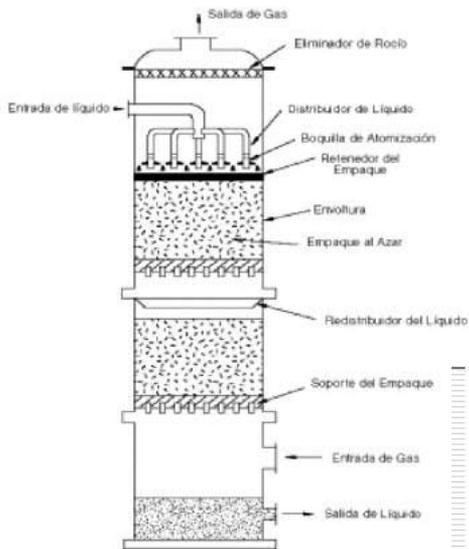
**CONTROL DE VOC'S CONDENSADOR**



**ANTORCHA DE VOC'S**



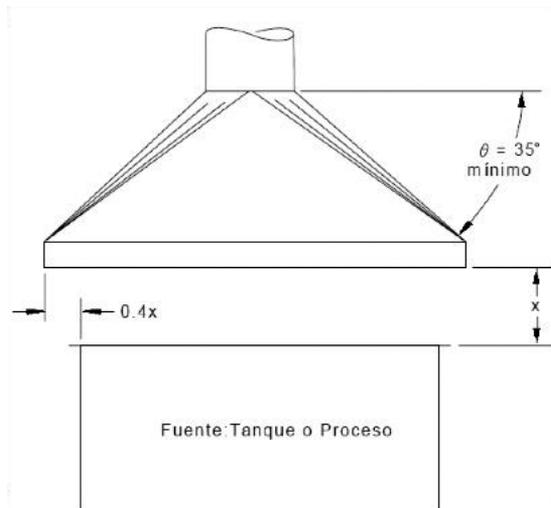
**TORRES EMPACADAS**



TECNOLOGÍA DE CONTROL DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE									
Tecnología	Contaminante	Límites de reducción (%)	Flujo de aire (sm <sup>3</sup> /s)	Material	Temperatura (°C)	Carga de contaminante (g/m <sup>3</sup> )	Costo Capital (US\$/m <sup>3</sup> /s)	Costo de O y M (US\$/m <sup>3</sup> /s)	Costo Anualizado (US\$/m <sup>3</sup> /s)
Filtros de papel/material no tejido	PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub>	99-99.99	<0.10 - 5.0	Natural Sintético	95 200	1.0 - 23.0 < 57	15000 - 28000	20000 - 52000	26000 - 80000
Ciclones de alta eficiencia	PM, PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub>	PM 80 - 99 PM <sub>10</sub> 60 - 95 PM <sub>2.5</sub> 20 - 70	0.5 - 12 0.0005 - 30		540	2.3 - <230 16000	4600 - 7400	1500 - 18000	2800 - 29000
Separadores con ayuda mecánica	MP	30	0.75 - 10		370	10 - 250	9000 - 40000	10000 - 10000	15000 - 161000
Separadores de Momento	MP	5.0 - 99.0	0.5 - 10.0		540	20 - 4500	680 - 6600	318 - 5000	630 - 11000
Depurador de impacto/torres de bandeja	MP								
	PM <sub>10</sub>	50 - 99	0.47 - 35	4 - 370		No hay límites	8500 - 23000	6500 - 93000	11000 - 150000
	PM <sub>2.5</sub>								
	MP <sub>CPA</sub>								
Depurador con lecho empacado	Gases	95 - 99							
	Humos inorgánicos	95 - 99				250 - 10000 ppmv			
	vapores y gases	95 - 99							
	COV	70 - 99	0.25 - 35	4 - 370			32000 - 104000	36000 - 165000	36000 - 166000
	PM <sub>10</sub>								
	PM <sub>2.5</sub>	50 - 95				0.45			
Depurador en húmedo	MP	70 - 99	0.7 - 47	4 - 370					
	Gases inorgánicos	80 - 99				250 - 10000 ppmv	4200 - 13000	3200 - 64000	5300 - 102000
	COV	50 - 95							
Depurador Tipo Venturi	MP	70 - 99	0.2 - 47	4 - 400		1 - 115	5300 - 45000	9300 - 254000	12000 - 409000
	Gases								
	COV								
Incinerador Catalítico	MP	25 - 99	0.33 - 24	540 - 675		<25% de LEI	47000 - 191000	8500 - 53000	17000 - 105000
	COV	98 - 99							

TECNOLOGÍA DE CONTROL DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE									
Tecnología	Contaminante	Límites de reducción (%)	Flujo de aire (sm <sup>3</sup> /s)	Material	Temperatura (°C)	Carga de contaminante (g/m <sup>3</sup> )	Costo Capital (US\$/m <sup>3</sup> /s)	Costo de O y M (US\$/m <sup>3</sup> /s)	Costo Anualizado (US\$/m <sup>3</sup> /s)
Antorcha	COV	> 98	< 500		500 - 1100	< 50000 kg/h <25% LEI	30000 - 2000000	1500 - 130000	5000 - 350000
Incinerador Tipo Recuperativo	COV	98 - 99.9999	0.24 - 24		980 - 1200	1500 - 3000 ppmv <25% LEI	25000 - 212000	10000 - 53000	17000 - 95000
Incinerador Tipo Regenerativo	MP	70 - 95	2.4 - 240		760 - 820	> 100 ppmv < 25% LEI	85000 - 32000	8500 - 21000	17000 - 70000
	COV	Termal regenerativo O stalítico regenerativo O			400		74000 - 297000	13000 - 42000	25000 - 95000
Precipitador Electrostático seco	MP <sub>CPA</sub>	90 - 99.9	0.5 - 50		700	1 a 10	42000 - 26000	8500 - 19000	19000 - 55000
	PM <sub>2.5</sub>								
	PM <sub>10</sub>								
Precipitador Electrostático húmedo	MP <sub>CPA</sub>	99 - 99.9	0.5 - 50		80 - 90	1 a 10	85000 - 424000	12000 - 21000	25000 - 97000
	PM <sub>2.5</sub>								
	PM <sub>10</sub>								
Depurador por condensación	MP 0.25 a 1.0 micras	> 99	< 10		20 - 26	90% de MP	13000	5300	7000
Cámaras de asentamiento	MP	10	< 50		540	20 - 4500	330 - 10900	13 - 470	40 - 1350
Elutnadores (elutnators)	MP	10	0.5 - 4		540	20 - 4500	10500 - 17800	1700 - 3400	2500 - 4800
Depurador con lecho de fibra	MP	70 - 99	0.5 - 47		60	0.2 - 11	2100 - 6400	3500 - 76000	4300 - 77000
	COV								
Depurador con ayuda mecánica	PM <sub>2.5</sub>	80 - 99	0.47 - 24		150	< 4.5	5500 - 37000	6400 - 167000	7200 - 172000
	PM <sub>10</sub>								
	COV								
Depurador de onficio	MP	80 - 99	0.47 - 24		150	< 23	10000 - 36000	8000 - 149000	9500 - 154000
	PM <sub>2.5</sub>								
	PM <sub>10</sub>								
Filtro de Tela (Limpieza por chorro pulsante)	MP <sub>CPA</sub>	95 - 99.99	0.10 - 500		290	0.1 - 230	13000 - 55000	11000 - 50000	13000 - 83000
	PM <sub>2.5</sub>								
	PM <sub>10</sub>								
Filtro de Tela (Limpieza por sacudimiento mecánico)	MP <sub>CPA</sub>	95 - 99.99	0.10 - 500		290	0.1 - 230	17000 - 153000	9300 - 51000	11000 - 95000
	PM <sub>2.5</sub>								
	PM <sub>10</sub>								
Filtro de Tela (Limpieza por aire invertido)	MP <sub>CPA</sub>	95 - 99.99	0.10 - 500		290	0.1 - 230	19000 - 180000	14000 - 58000	16000 - 106000
	PM <sub>2.5</sub>								
	PM <sub>10</sub>								

### SISTEMA DE CAMPANAS



## CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN COSTA RICA. GENERALIDADES Y REGLAMENTACIÓN

*Omar Rojas Bolaños*

Coordinador

Laboratorio de Calidad de Aire

Centro de Investigación en Contaminación Ambiental

Universidad de Costa Rica (UCR)

E-mail: orbolanos@cariari.ucr.ac.cr

### GENERALIDADES

Contaminar, es la acción de alterar, en forma perjudicial, las propiedades de un ecosistema. Los tipos de contaminación son variados al igual que sus causas y por lo general tienen un impacto negativo sobre los organismos que habitan la región. Se contamina cuando se deposita una o varias sustancias en un lugar y que originalmente no se encontraban ahí. También ocurre contaminación cuando se extrae un determinado componente del sistema o cuando se le cambia alguna propiedad a alguno de sus componentes. Por ejemplo, el hecho de depositar agua a 70 °C a un río cuya temperatura varía de 15 a 25 °C va a tener un impacto sobre la población bacteriana y por ende sobre organismos superiores. En conclusión, toda acción natural o no, va a generar contaminación en un determinado grado. Cuando la contaminación ocurre en el aire hablamos de contaminación del aire.

### ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Como se mencionó anteriormente, la contaminación del aire puede ser originada por causas naturales como erupciones volcánicas, viento o incendios forestales, o por la acción del ser humano. Es importante mencionar dos conceptos muy utilizados en este campo: inmisiones y emisiones.

**Inmisiones:** Se refiere a la contaminación del aire ambiente en una determinada región. Por ejemplo, cuando decimos que la concentración del  $\text{NO}_2$  en el aire de San José ronda los 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  estamos hablando de inmisiones.

**Emisiones:** Se refiere a la descarga de contaminantes que salen por una fuente determinada. Normalmente las fuentes de emisión, se clasifican en 1) fuentes fijas como calderas, hornos, motores de generación eléctrica o turbinas de gas y 2) fuentes móviles como transporte público, vehículos particulares, motocicletas, equipo agrícola, carga liviana y carga pesada.

### CONTAMINANTES COMUNES DEL AIRE

Los contaminantes del aire dependen de las actividades que ocurran en un determinado lugar. En Costa Rica, se le da mayor importancia a aquellas sustancias que se generan en los procesos de combustión: partículas suspendidas, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de carbono. Sin embargo, también existe interés, en evaluar otros contaminantes como compuestos orgánicos volátiles, dioxinas, furanos y plaguicidas.

**Partículas suspendidas:** Se refiere a masas discretas de materia sólida o líquida presentes en el medio.<sup>1</sup> En inmisiones se le da mucha importancia a las partículas suspendidas respirables o PM-10, estas son aquellas partículas con diámetros aerodinámicos iguales o menores a 10  $\mu\text{m}$ , ya que se sabe que estas ingresan en forma directa al aparato respiratorio.

**Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ):** Es un gas tóxico generado en la combustión de compuestos que contienen átomos de azufre. Esto quiere decir que su presencia depende de la calidad del combustible utilizado. Por ejemplo, procesos que utilizan combustibles pesados como bunker van a generar mayor cantidad de  $\text{SO}_2$  que fuentes que utilizan diesel.

Óxidos de Nitrógeno: Se le llama óxidos de nitrógeno a la suma de las concentraciones en partes por millón de óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Se generan en todo proceso de combustión. Se habla de que tienen su origen en dos fuentes distintas: El nitrógeno del aire y el nitrógeno presente en el combustible. En una fuente fija, la mayor parte de los óxidos de nitrógeno es NO mientras que en aire ambiente casi todo es NO<sub>2</sub>.

Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): Son gases producto de la combustión de la materia orgánica. El CO es tóxico y se produce en combustiones ineficientes. El CO<sub>2</sub> no es tóxico, sin embargo es un reconocido gas de efecto invernadero.

## EFFECTOS DE LOS CONTAMINANTES DEL AIRE <sup>2</sup>

Los contaminantes del aire, tienen un efecto negativo sobre el medio y los organismos. Por ejemplo, las partículas suspendidas obstruyen el paso de la luz solar y por lo tanto afectan la visibilidad. Además algunas partículas (PM-10), óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre afectan el sistema respiratorio del ser humano. Por otro lado estos gases reaccionan en el aire y forman ácido nítrico y sulfúrico que son los causantes de la lluvia ácida.

## SITUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COSTA RICA

En años anteriores, muchos estudios sobre la contaminación atmosférica, se han limitado a medir y discutir la concentración de distintos contaminantes en el aire de San José. Las mediciones, son de hecho fundamentales en todo estudio de evaluación ambiental, porque describen en forma precisa lo que está ocurriendo en un lugar o punto de muestreo en un momento determinado. Por supuesto, opinar acerca de la situación en una región particular, involucra realizar mediciones periódicas durante prolongados intervalos de tiempo. Efectuar una medición es un proceso difícil, y requiere de un gran esfuerzo por parte de los investigadores. El grado de dificultad aumenta si no se cuenta con equipos automáticos. Además, es común que un estudio, implique el monitoreo de diferentes especies químicas, lo que conlleva el uso de diferentes equipos y metodologías analíticas. Los sistemas de medición son costosos, y por ende, es imposible y absurdo pretender instalar uno en cada esquina de la ciudad. Estas circunstancias obligan a los involucrados, a utilizar metodologías alternativas, y a elegir del total de los contaminantes ciertas especies, que van a funcionar como indicadores de la situación. Normalmente, esta elección se lleva a cabo considerando ciertos aspectos, como son la peligrosidad del

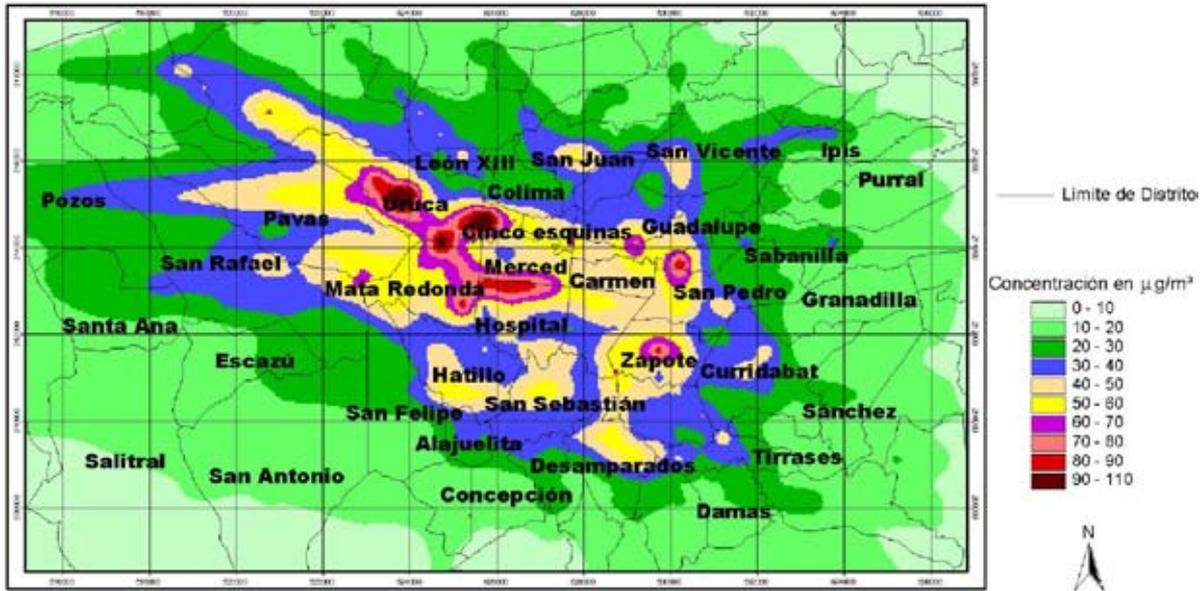
contaminante, su origen, concentración esperada en la región, capacidad del laboratorio de detectarlo y cuantificarlo.

Un ejemplo digno de mención lo constituye el trabajo del químico Mario Araya<sup>3</sup>, quien durante el 2005, aunó los esfuerzos del Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible (CIEDES) y del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), ambos de la Universidad de Costa Rica, para valorar el riesgo debido a la contaminación atmosférica en San José. Hay dos aspectos destacables en esta investigación. El primero de ellos es la herramienta utilizada para evaluar la contaminación; en lugar de hacer mediciones periódicas, el Sr. Araya modeló la dispersión de los óxidos de nitrógeno, haciendo uso de un modelo físico matemático desarrollado por la Oficina de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), y plasmado como un programa informático. El segundo aspecto es la forma en la que se analizaron los datos. En lugar de considerar la contaminación sólo como la concentración de una especie química, se definió y cuantificó el riesgo al cual se encuentran expuestos los habitantes de una región en particular. Finalmente se hicieron algunas mediciones de campo para comprobar la veracidad del modelo. A partir de este razonamiento, nace una visión de la situación diferente a la que se daría considerando sólo un parámetro como la concentración del contaminante. Como cualquier otra investigación, la presente no está libre de errores y proporciona información útil, confiable mas no irrefutable.

En la figura de la siguiente página, se muestra la distribución de todas las fuentes emisoras consideradas en este estudio: calderas, planta térmica y emisiones vehiculares. En la escala ubicada a la derecha del mapa, se indican los distintos ámbitos de concentración para NO<sub>x</sub>. Estos valores están dados en unidades de concentración de µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>x</sub>. Las líneas oscuras indican las fronteras de los distritos. De acuerdo al modelo, se calcularon concentraciones de NO<sub>x</sub> de hasta los 110 µg/m<sup>3</sup>, en algunos lugares del centro de San José, indicados con las manchas marrón. Una zona de alta concentración ubicada en La Uruca al sureste de la planta térmica del ICE, otra en el sector donde se ubica el Hospital México y una tercera a unos 300 m al oeste de la facultad de derecho de la Universidad de Costa Rica. Todos estos puntos se encuentran sobre de calles con alto tráfico vehicular y por consiguiente con altas emisiones vehiculares.

Vale la pena comentar que aunque no se incluyó aquí un mapa con las concentraciones provenientes de las fuentes fijas, el SIG permitió hacer un análisis comparativo entre estas y las provenientes de fuentes fijas, y ello permitió asegurar que el mayor aporte a la concentración total de los óxidos de nitrógeno proviene del sector automotor. En efecto, la sobreposición de ambos

## Modelo de dispersión de la concentración de NO<sub>x</sub> en el área de estudio



FUENTE: ProDUS-UCR, CIEDES-UCR, CICA-UCR, Consejo de Salud Ocupacional, Ministerio de Salud, USEPA, Hoja topográfica Abra 1:50 000, IGN

Escala 1:65000

modelos produce un mapa que básicamente reproduce el que se deriva de las fuentes móviles. Esto es interesante, pues los distintos sectores involucrados con el tema de la calidad del aire, siempre han manejado que la contaminación del aire sobre el GAM proviene en un 75 % del sector transporte, un 23% de la industria, y el 2% restante, de fuentes naturales. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica, pero no fue posible encontrar documento alguno que respaldara esos números. Quizás estos datos sean valores que se manejan en países desarrollados. Como en este trabajo se pudo estimar la contaminación debida a fuentes fijas y se contó con estimados de las fuentes vehiculares, se logró también hacer estimados de porcentajes de proveniencia según los distintos distritos así, el aporte por parte del sector automotor a la concentración de NO<sub>x</sub> es del 91 por ciento, y del 9 por ciento para el sector energía e industria, según el modelo. Es importante aclarar que esto sólo está hecho para NO<sub>x</sub>, y no se está tomando en cuenta el aporte de fuentes naturales. Creemos que estos porcentajes se mantendrían muy parecidos para el SO<sub>2</sub>, y partículas. Sin embargo, para estos dos contaminantes habría que hacer un estudio más detallado sobre la influencia de los volcanes cercanos al área de estudio, como el volcán Irazú por ejemplo, ya que los dos son emitidos en grandes cantidades y podrían transportarse largas distancias.

Estudios basados en el monitoreo periódico de dióxido de nitrógeno utilizando muestreadores pasivos, han revelado la existencia de zonas de la ciudad de San

José con niveles de NO<sub>2</sub> por encima del valor establecido por la OMS (50 µg/m<sup>3</sup>).<sup>4</sup>

## ASPECTOS LEGALES DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

En el año 2002, una comisión formada por representantes de diversos organismos públicos y privados, redactó el Decreto N° 30222-S-MINAE: "Reglamento Sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Calderas". Este es el primer reglamento que regula las emisiones en fuentes fijas. Básicamente el reglamento regula la emisión de tres contaminantes: partículas suspendidas, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. Actualmente una nueva comisión dirigida por el Ministerio de Salud Pública se encuentra redactando un nuevo reglamento que sustituirá al actual. Las razones de esto se mencionan a continuación.

1. El reglamento vigente regula las emisiones de SO<sub>2</sub>, sin embargo, no se le solicitaba al ente generador, un análisis de azufre en el combustible. Por lo tanto, de encontrarse concentraciones por encima del valor límite establecido, no era conveniente sancionar al industrial, ya que no se conocía el porcentaje de azufre en el combustible suministrado por RECOPE.
2. El reglamento actual sólo regula las emisiones provenientes de calderas, mientras que el nuevo

incluirá hornos indirectos y plantas de generación eléctrica, cuyas unidades generadoras pueden ser turbinas de gas o motores de pistón de capacidad mayor a 1 MW.

3. El reglamento vigente, no obliga al ente generador a proveer las instalaciones adecuadas para llevar a cabo los muestreos de las emisiones en las chimeneas. Lo anterior conlleva a un riesgo para el personal encargado de realizar dicha tarea. Se espera que la nueva versión del decreto, especifique en forma detallada, los lineamientos a seguir por parte del industrial para adecuar sus instalaciones a la toma de muestras.

Por otro lado, las emisiones provenientes de la flota vehicular están reglamentadas en el decreto N° 28280 MOPT-MINAE-S: "Reglamento para el Control y Revisión Técnica de las emisiones de gases contaminantes por Vehículos Automotores"<sup>5</sup>

## RETOS POR ENFRENTAR

En el tema del aire los retos son muchos y ningún ciudadano está exento de responsabilidad. Es imprescindible educar al ciudadano en materia de conservación del aire, y en esto quienes toman las decisiones a nivel político juegan un papel crucial. Se debe incentivar el uso del transporte público en lugar del vehículo particular. Para esto se requiere un servicio de transporte limpio, eficiente y seguro. La reactivación del tren urbano en el 2005 por parte del INCOFER, fue una decisión acertada que se le debe dar continuidad para su mejora. Los problemas se deben atacar desde su origen, por lo que la restricción aplicada al ingreso de vehículos a la ciudad de San José de acuerdo al número de placa y día de la semana, es una medida temporal para el problema, que a la larga será ineficiente.

El rol del investigador nacional es de gran relevancia, ya que las decisiones tomadas por el sector político-administrativo, deben estar basadas, al menos en parte, en los resultados obtenidos en los distintos estudios sobre la situación del aire. Por lo tanto, el mejoramiento continuo de la calidad de los resultados, es vital para los intereses del país. Una sobreestimación de los contaminantes, proporcionaría una visión trágica de la situación, provocando la adopción de medidas sumamente estrictas, que tendrían un efecto negativo en el sector productivo. Por ejemplo, el establecer límites bajos para las emisiones de SO<sub>2</sub>, obligaría al ente generador, a adquirir la tecnología necesaria para la disminución de sus emisiones, por otro lado, la Refinería Costarricense de Petróleo, debería suministrar combustibles con un menor porcentaje de azufre y por ende de mayor precio, esto podría involucrar un aumento en el costo del Kwh

de origen térmico y que actualmente representa el 3,5 % de la producción total de electricidad. Cambiando de panorama, medidas tomadas a partir de una visión laxa de la situación, propiciaría el aumento en las emisiones, provocando el deterioro ambiental y una disminución en la calidad de vida de la población.

Es muy importante que aspectos relacionados con el establecimiento de la red de monitoreo, como la elección de los sitios de muestreo y el número de estaciones que se instalarán, se apoyen en criterios derivados de los estudios efectuados hasta la fecha. El utilizar metodologías analíticas alternas, como el muestreo pasivo o modelar la dispersión de los contaminantes atmosféricos, son opciones muy atractivas para llevar a cabo estudios de la calidad del aire en Costa Rica. Los métodos pasivos, permiten obtener datos quincenales o mensuales de las concentraciones de algunos contaminantes, además, su bajo costo y tamaño los hace ideales para estudios a gran escala en distintas regiones. Por otro lado, los modelos de dispersión de contaminantes, han sido también herramientas muy utilizadas como complemento de los resultados obtenidos a partir de las mediciones. Se debe mencionar que estos modelos requieren datos muy precisos sobre las emisiones de un país, condiciones meteorológicas y geográficas. Las estaciones automáticas de monitoreo, proporcionan resultados inmediatos sobre la contaminación del aire del lugar donde se encuentra instalada, lo que permite obtener una enorme cantidad de datos. Son sistemas sumamente costosos y como cualquier otro equipo requieren de mantenimiento preventivo. Es por esto que consideramos que la red de monitoreo que a futuro se espera instalar en el Área Metropolitana, debería estar constituida por una o dos estaciones automáticas ubicadas en puntos estratégicos, y complementadas con los métodos analíticos alternos mencionados anteriormente.

## LITERATURA CITADA

1. ASTM. D 1356-05. Standard Terminology Relating to Sampling and Analysis of Atmospheres. 2005.
2. UNEP/WHO. GEMS/AIR Methodology Reviews Vol. 4: Passive and Active Sampling Methodologies for Measurement of Air Quality. Nairobi: UNEP. 1994.
3. Araya, M.; Segnini, M. Informe final del proyecto de investigación: "Evaluación de la Contaminación Atmosférica en el Área Metropolitana". San José: CIEDES-CICA. Universidad de Costa Rica. 2005.
4. Rodríguez, S.; Herrera, J. Segundo Informe de Calidad del Aire de la Ciudad de San José. Heredia: Universidad Nacional. 2005.
5. Herz, H.; Feldt, R.; Vargas, J.; Vargas, R.; Corrales, F. El impacto Ambiental de la Revisión Técnica Vehicular: Su aporte en el control de emisiones vehiculares contaminantes. San José: GTZ, MOPT, UNA. 2005.

## MOTIVOS Y RAZONES PARA QUEMAR LAS PLANTACIONES DE CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA

Marco Chaves Solera  
mchavez@laica.co.cr

Ana Zita Bermúdez Loría  
anazitab@yahoo.com.mx

### INTRODUCCIÓN

Las razones y motivaciones que existen y se dan como argumentos válidos para justificar o rechazar la realización de la práctica de la quema de las plantaciones de caña de azúcar, son numerosas y de muy diversa índole. Algunas están fundamentadas en criterios científicos verificables y comprobables, otras se basan en conceptos subjetivos y presunciones que califican más bien como meras especulaciones, sin mayor soporte ni comprobación técnica alguna.

Lo cierto del caso, es que el tema de la quema de los cañaverales cuenta en razón de su gran dimensión y amplia aplicación mundial, con estudios, experiencias y observaciones pragmáticas que permiten llegar en muchos aspectos a conclusiones objetivas y representativas.

No es tampoco un asunto de simplemente pretender contabilizar ventajas o desventajas para llegar a establecer conclusiones, pues ello no mide la intensidad, impacto y consecuencias de los factores considerados, razón por la cual, es necesario conocer y dimensionar cada elemento favorable o desfavorable en su dimensión y circunstancia para poder así juzgar con mejores criterios lo relativo a la práctica.

Seguidamente se expondrán los principales argumentos y razones que esgrimen quienes atacan y cuestionan la quema, considerándola como una práctica ambientalmente degradante y destructiva; o en su caso, los que la avalan y califican como comercialmente necesaria. Debe dejarse claro que en realidad no hay defensores a ultranza de la quema, actividad que es más bien considerada sectorialmente casi en forma absoluta por sus practicantes, como un *"mal necesario en el caso de la*

*caña de azúcar"*, por las circunstancias y motivos que se expondrán a continuación:

### A) VENTAJAS

Se identifican como ventajas y necesidades justificantes para efectuar la quema de las plantaciones comerciales de caña de azúcar, las siguientes:

- 1. Facilita la Corta de los Tallos:** Esta suficientemente demostrada en la agroindustria azucarera mundial, la enorme ventaja que ofrece el cosechar una plantación de caña de azúcar quemada respecto a otra que no lo está. La ventaja se traduce básicamente en una reducción significativa de la cantidad de material vegetal presente y adherido naturalmente a los tallos industrializables, que dificulta, obstruye y retrasa la correcta corta basal y distal (cogollo). Entre menos material vegetal esté presente en el medio, menor será el esfuerzo por realizar por parte del cortador y, consecuentemente, mejor será la calidad del corte y la materia prima cosechada. Esta realidad es incuestionable.
- 2. Facilita la Cosecha de Variedades Difíciles:** No todas las variedades de caña de azúcar cultivadas comercialmente ofrecen la misma facilidad de cosecha, puesto que algunas presentan características anatómicas y fenotípicas muy diferentes que las hacen más difíciles para la corta, afectando con ello los indicadores de eficiencia de campo. Entre las características diferenciadoras se tienen como anotara Chaves (1995), por ejemplo las siguientes:

la presencia de pelo con efectos urticantes; mayor cantidad de hojas; mal despaje natural (eliminación de las hojas adheridas al tallo durante la fase de maduración); clones con hábito de crecimiento rastrero, en especial los de origen Hawaiano (sigla H) cultivados en las zonas altas (> 1.000 m.s.n.m); variedades con tallos poco erectos o deformes; plantaciones de muy alto tonelaje de caña; clones con cogollo (palmito) voluminoso, alto ahijamiento (tallos sin interés industrializable), presencia de raíces adventicias o con tendencia a germinar las yemas laterales (lalas), etc.

- 3. Agiliza la Cosecha de la Plantación:** Al facilitarse la corta de los tallos y requerirse complementariamente un menor esfuerzo físico por parte del cortador y también del cargador de la materia prima (caña), consecuentemente se agiliza e incrementa en términos relativos, la velocidad y eficiencia de cosecha.
- 4. Incrementa el Rendimiento de los Cortadores:** La mayor facilidad y el menor esfuerzo físico implicado en la corta y la carga de los tallos, se traducen en un incremento importante de la velocidad y el rendimiento de cosecha; esto traducido en una mayor cantidad de caña industrializable obtenida por unidad de tiempo implicada (toneladas por hora, por jornal, por distancia (m) de surco, área (ha) o día de trabajo). La experiencia nacional de campo ha demostrado de forma contundente que en una plantación promedio, la eficiencia de cosecha (corta y carga manual) en caña sin quemar se incrementa notable y significativamente si la plantación se quema, con lo que esto implica en materia de costos.
- 5. Elimina Materia Extraña o Basura (Trash):** La quema incinera gran parte del material vegetal adherido a los tallos reduciéndolo parcialmente a cenizas o, en su caso gasificándolo, lo que elimina gran cantidad (no todo) del material vegetal no industrializable conocido en el argot azucarero como "Materia Extraña (M.E)" y que no tiene en las actuales circunstancias interés comercial alguno, aunque podría tenerlas al ser empleado como Biomasa en la Cogeneración Eléctrica. Es importante señalar que la eficiencia de la quema es muy variable y dependiente de varios factores vinculados.
- 6. Mejora la Calidad Física de la Materia Prima:** Al tener tallos limpios y sin material vegetal adherido, la calidad física de la materia prima que ingresa a la fábrica se mejora significativamente, lo que favorece el proceso industrial posterior de extracción y fabricación del azúcar en el Ingenio.
- 7. Favorece la Cosecha Mecánica:** Al igual que acontece con la corta manual, la cosecha mecánica se ve también muy favorecida con motivo de la quema previa de la plantación por recolectar. Existe en ésta modalidad de cosecha un condicionante vinculado a la misma que es casi obligado, en el cual la eficiencia de la recolección mecánica esta directamente correlacionada y determinada en un alto grado por la eliminación previa de la materia extraña ligada a la materia prima; puesto que el material vegetal obstruye el mecanismo de corta y con ello la calidad y eficiencia de la cosecha. Esto no significa que no se pueda cosechar mecánicamente la caña sin quemar, pues los equipos modernos están capacitados para ello, lo que de hecho ya acontece en Costa Rica en el caso de las plantaciones cosechadas con máquina en verde. El rendimiento y la eficiencia de los equipos de cosecha mecánica se ven sin embargo muy limitados y reducidos en el caso de plantaciones de caña de azúcar sin quemar.
- 8. Necesaria Ante Falta de Mano de Obra Calificada:** La severa, sistemática y cada vez más grave insuficiencia de Mano de Obra prevaleciente en el país y que particularmente afecta al Sector Agropecuario en general; se convierte en preocupante, crítica y limitante en el caso particular de la Agroindustria Azucarera, donde además de existir una evidente insuficiencia se carece también de Mano de Obra calificada y especializada para atender las necesidades nacionales del Sector. Recientemente con el auge del cultivo de la piña en algunas de las zonas cañeras esta insuficiencia se ha tornado limitante. La práctica de cosechar la caña de azúcar implica como en cualquier otra actividad productiva, atender, respetar, cumplir y satisfacer principios básicos determinantes e inductores de calidad, por lo que el conocimiento y adiestramiento de sus ejecutores resulta comercialmente fundamental para el éxito empresarial.
- 9. Necesaria en Condiciones de Cosecha Difícil:** Por su naturaleza extensiva-intensiva, la agroindustria azucarera costarricense se desarrolla en condiciones de clima, suelo (fertilidad y topografía), manejo, tenencia de la tierra, tipologías productivas y de uso de tecnología muy variables y disímiles, que inducen consecuentemente variaciones muy significativas en todos los órdenes. La caña de azúcar se cultiva en el país desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 1.600 msnm; en zonas con régimen de precipitación seco (ústico) y lluvioso (1.200 y 4.600 mm anuales, respectivamente); con suelos de características físico-químicas muy diferentes representadas

por los suelos arcillosos (Orden Vertisol), ácidos (Ultisol), Volcánicos (Andisoles) y otros más favorables para la agricultura (Mollisol e Inceptisol); en localidades con pendientes variables (0-50%) que limitan en muchos casos cualquier posibilidad de mecanización. Las dificultades de cosecha, sea ésta manual, mecánica o semi mecánica, están también expuestas en muchas de ellas, motivo por el cual la quema coadyuva a minimizar las limitantes, reducir los costos y facilitar la cosecha de la planta.

- 10. Protección Contra Serpientes y Arañas:** Las plantaciones de caña son por sus características extensivas y particulares de manejo, una reconocida guarida de plagas, serpientes venenosas y arañas indeseables que provocan serios problemas de salud, muchas veces de consecuencias fatales, a los cortadores afectados durante la cosecha. Una plantación comercial de caña de azúcar por lo general luego de crecer y “cerrarse” aproximadamente a los 5-7 meses de edad, no recibe por impedimento de movilización física más manejo agronómico en su interior, hasta alcanzar edad para su cosecha a los 12-24 meses de edad, lo que crea un hábitat que favorece la presencia de éste tipo de fauna. Por éste motivo, la quema asegura su eliminación por un lado y favorece la visibilidad por otra, con lo cual los accidentes provocados por estas causas se minimizan significativamente. Plantaciones próximas a ríos, montañas y lotes desolados son muy propensos a padecer este tipo de problemas como es fácilmente comprobable.
- 11. Reduce los Accidentes Laborales:** Al mejorar la visibilidad en el frente de corta, reducir el esfuerzo físico de los cortadores, eliminar el material vegetal excesivo y facilitar la corta de los tallos, se disminuyen consecuentemente los accidentes laborales provocados por cortes con cuchillo, heridas punzantes provocadas por tallos, afecciones en los ojos y caídas, lo que es muy importante en términos de salud laboral.
- 12. Elimina la Presencia de Malezas:** Con la quema es posible eliminar y erradicar algunas malezas problemáticas que han logrado superar los controles químicos, o que por causa del largo periodo de tiempo transcurrido entre el control realizado antes de los 90 días como periodo crítico luego de efectuada la siembra (DDS) o la corta y hasta la cosecha (aproximadamente de 9 a 20 meses), se han acondicionado y posicionado en el lugar. Esto es particularmente válido para algunas gramíneas difíciles de controlar y erradicar como acontece con el zacate peludo

(*Rottboellia conchinchinensis*), la lágrima de San Pedro (*Coix lacrima*), algunos pastos y otras malas hierbas Ciperáceas (Coyolillo) y de Hoja Ancha.

- 13. Reduce los Costos de Producción Agrícola:** Muchas de las ventajas citadas anteriormente se traducen en una importante y significativa reducción de los costos agroindustriales involucrados y relacionados; particularmente a los vinculados con los procesos de corta, carga, transporte y procesamiento de la materia prima. Así como también, los relativos al Rendimiento de Cosecha, expresados estos en relación con la cantidad (toneladas métricas) de caña cosechadas por unidad de tiempo (t/hr) y área (t/ha).
- 14. Favorece el Retoñamiento y Ahijamiento de las Plantaciones:** Al eliminar (parcialmente) buena parte de la enorme cantidad de material vegetal residual depositado en la superficie del suelo (mulch) producto de la cosecha, se favorece la aireación y el ingreso de la luz solar a la plantación, con lo cual los mecanismos naturales de retoñamiento y ahijamiento se activan y promueven, favoreciendo el potencial de productividad futura de la plantación.
- 15. Facilita la Aplicación del Riego:** Al eliminarse el impedimento físico que significa la presencia y permanencia de los restos de cosecha en los entresurcos de la plantación, se favorece consecuentemente el paso y conducción del agua, tanto de riego como de lluvia. Entre menor sea el grado de pendiente existente, mayor es la necesidad de mantener los entresurcos limpios en lo que respecta al uso, manejo y conducción del agua en la plantación.
- 16. Favorece el Drenaje de las Plantaciones:** Los motivos anotados en el punto anterior son también válidos y aplicables al drenaje de las plantaciones. Caso de que ocurra la obstrucción en la conducción y el libre paso del agua de riego o de lluvia que está en exceso, por causa de la saturación del suelo, se generarán consecuentemente problemas de escorrentía y erosión hídrica especialmente cuando la pendiente es alta y el agua se desborda lateralmente y corre sin control alguno; o en su caso, ocurre empozamiento (condiciones de reducción) cuando la pendiente es baja o nula. En ambos casos se da un daño importante de la plantación de consecuencias económicas y productivas significativas.
- 17. Elimina Plagas Dañinas:** La quema reduce de manera importante las poblaciones de algunas plagas indeseables de fuerte y significativo impacto

económico en la agricultura, no sólo en la caña de azúcar, como acontece por ejemplo con la rata de campo cañera (*Sigmodium hispidus*), serpientes venenosas, arañas, etc., como ya se comentó anteriormente.

**18. Incorpora Nutrientos Esenciales al Suelo:** Al incinerarse (en grado variable) el material vegetal, los nutrientes minerales contenidos en la misma (Ca, Mg, K y Na) se incorporan nuevamente al suelo en forma de sales, lo que implica un retorno y una "restitución parcial" del contenido nutricional presente en el suelo y extraído con la cosecha. Cuando no se quema ocurre una salida y pérdida neta importante de nutrientes que es transportada como materia prima y materia extraña fuera de la plantación, lo que con el paso del tiempo y las cosechas sucesivas y sistemáticas provoca el desequilibrio de algunos nutrientes y una significativa reducción de la fertilidad natural del terreno. Esta suficientemente demostrada la excepcional capacidad extractora de nutrientes que posee la caña de azúcar, lo que con el tiempo puede agotar y reducir significativamente la fertilidad natural del suelo, como lo han demostrado Alfaro y Chaves (1999), Alpizar (1976) y Chaves (1999ab).

## B) LIMITANTES Y DESVENTAJAS

Complementariamente se han también identificado y enumerado una buena cantidad de limitantes y desventajas, que obligan a criterio de muchos defensores de ésta tesis, proceder de inmediato con la eliminación y prohibición de la quema como práctica agrícola. Algunos de esos razonamientos se citan en su esencia a continuación, lo que no implica necesariamente que los mismos sean válidos y ciertos, lo que se comentará sin embargo con mayor amplitud más adelante:

- 1. Afecta la Biodiversidad y el Ecosistema:** Pese a que las condiciones de quema son en el caso particular de las plantaciones comerciales de caña de azúcar predeterminadas, controladas y reguladas, resulta obvio que en el interior de la plantación muchas de las especies animales (mamíferos, aves, roedores, insectos, etc.) que puedan estar presentes podrían verse eventualmente afectadas por el fuego caso no puedan abandonar el lugar a tiempo, lo que afecta la biodiversidad, el ecosistema y el equilibrio biológico. Es por ello necesario, prudente y estratégico dejar suficientes espacios en los "frentes de quema" para que los seres vivos allí presentes puedan salir sin perjuicio de la Biodiversidad y el Ecosistema.
- 2. Genera Gases con Efecto Invernadero:** La quema e incineración del material vegetal induce la formación de CO<sub>2</sub> que es liberado a la atmósfera, favoreciendo con ello el denominado efecto invernadero y contribuyendo al Calentamiento Global del Planeta lo que resulta cierto.
- 3. Disminuye la Fertilidad Natural del Suelo:** Al quemarse buena parte (no todo) del material vegetal residual de la cosecha presente, mucha de la Materia Orgánica (M.O) que normalmente se deposita en el suelo cuando la plantación no se quema desaparece, eliminando con ello la posibilidad de que su posterior Mineralización y Humificación contribuya a retornar y restituir parte de los nutrientes extraídos por las plantas del suelo durante su crecimiento. En realidad el concepto de Fertilidad del Suelo es amplio y muy complejo, e integra por tanto, otros efectos vinculados provocados por la quema sobre componentes también importantes del sistema, como es por ejemplo la actividad microbiológica del suelo. Resulta por ello inapropiado generalizar efectos cuando los mismos pueden ser individualizados y valorados específicamente.
- 4. Destruye la Actividad Microbiológica del Suelo:** Se interpreta que el calor generado por las quemas afecta los agentes y la actividad biológica y microbiológica que existe naturalmente en el suelo. Se argumenta por parte de los defensores de la no quema, que el fuerte calor penetra hacia las capas interiores del terreno y prácticamente "esteriliza el suelo" volviéndolo improductivo, lo cual no es totalmente cierto ni válido como ha podido verificarse experimentalmente.
- 5. Ocasiona Trastornos a la Salud:** Se asegura que el humo y las cenizas (o pavesa) liberadas por las quemas de los cañales afectan severamente las personas que padecen problemas respiratorios de salud, como acontece con niños y personas de edad mayor.
- 6. Práctica Peligrosa y de Alto Riesgo:** Se asevera que el fuego por su acción y naturaleza resulta peligroso, potencialmente incontrolable y muy riesgoso para la integridad y seguridad de las personas, animales, instalaciones, plantaciones, etc. próximas. Lo anterior lo fundamentan en las grandes áreas que a cielo abierto por lo general se queman, como acontece en éste caso con las plantaciones de caña de azúcar, lo cual es sin embargo relativo.

7. **Favorece la Erosión del Suelo:** Eliminar la cobertura vegetal (hojas verdes y secas, cogollos, restos de tallos, raíces, malezas, tallos no movibles e industrializables) resultantes de la cosecha, deja prácticamente sin protección física (mulch) al suelo, el cual queda por ello, sujeto a los efectos erosivos provocados por el agua, especialmente en terrenos de relieve irregular y alta pendiente, topografía pesada (arcillosa), o en regímenes de alta precipitación.
8. **Liberación de Cenizas Afecta las Poblaciones:** Además del humo, la gran cantidad de cenizas producidas por la quema resultan molestas para los habitantes de localidades próximas y no muy próximas a las plantaciones cañeras donde se practica la quema, principalmente por inducir afecciones respiratorias por causa de los particulados de tamaño pequeño, visuales y depositarse sobre la vestimenta.
9. **Favorece la Presencia de Plagas Problemáticas:** Si bien la quema ocasiona la eliminación de plagas destructivas para la agricultura, también induce la de sus controladores biológicos naturales, creando con ello un peligroso desequilibrio que la experiencia a demostrado favorece más a la plaga, por formar esta parte de un sistema vegetal distorsionado y desequilibrado (monocultivo), lo que resulta una verdad técnicamente comprobada. Hay plagas como es el caso del Taladrador Menor del Tallo (*Elasmopalpus lignosellus*), cuya presencia se ve muy favorecida y promovida con la quema (presuntamente por el humo) de los cañaverales; en la región del Pacífico Seco esto es en la práctica productiva fácilmente verificable.
10. **Favorece el Crecimiento de Malezas:** Un suelo desprotegido y sin presencia de cobertura vegetal permite y favorece un mayor crecimiento de malezas indeseables, lo que afecta el retoñamiento y el ahijamiento de la plantación, incrementando además los costos implicados en su control.
11. **Puede Afectar Otras Actividades Productivas:** Actividades productivas como la Apicultura han reportado alguna afección de sus intereses comerciales, al indicar que luego de realizar la quema, las abejas visitan las plantaciones de caña atraídas por el material azucarado expuesto, momento en el cual las cenizas se adhieren a sus patas y cuerpo, con lo cual contaminan posteriormente las colmenas afectando la calidad de la miel producida. Otras actividades empresariales indican también afección por causa del humo y las cenizas producidas.
12. **Favorece la Pérdida de Humedad en el Suelo:** Al dejar (se aduce) limpia y sin cobertura vegetal (mulch) la superficie del suelo, se favorece e incrementa la pérdida de humedad por evapotranspiración, lo que resulta negativo para el suelo y la agricultura sostenible y competitiva, sobre todo por ocurrir en la época del año más seca (diciembre-mayo) cuando precisamente se realiza la cosecha de la caña de azúcar en el país. Esta limitante resulta importante en localidades muy secas donde no se cuenta con riego o los niveles de precipitación son bajos e insuficientes (< 1.300 mm) para atender las necesidades básicas del cultivo, lo que induce afección del retoñamiento y el ahijamiento de las plantaciones, limitando con ello la productividad agroindustrial del cultivo.
13. **Aumenta el Deterioro de la Materia Prima:** La quema por otra parte favorece, activa, dinamiza e induce un proceso microbiológico de deterioro e inversión de los azúcares (no reductores a reductores) contenidos en los tallos más rápido, que el existente en una plantación no quemada. Por este motivo, las plantaciones con caña quemada reciben por lo general un tratamiento administrativo de manejo diferente y operativamente más ágil y expedito respecto a las no quemadas, que procura reducir al máximo el periodo transcurrido entre: quema-corta-transporte-molienda y procesamiento de la materia prima.
14. **Introduce Impurezas al Ingenio:** La quema genera gran cantidad de cenizas que se adhieren a la materia prima que ingresa al Ingenio para su procesamiento, muchas de las cuales por su tamaño y propiedades coloidales logran superar las fases de lavado, sedimentación, filtrado y captura establecidas dentro del proceso fabril, provocando serios problemas en la fabricación del azúcar.
15. **Afecta la Calidad Industrial de la Materia Prima:** Los indicadores industriales de calidad pueden verse severamente afectados y deteriorados con la quema de la materia prima, no sólo por causa del deterioro e inversión de los azúcares, sino también por la presencia de contaminantes bacteriales en el medio.
16. **Aumenta los Costos de Procesamiento Industrial:** Desde que la caña se quema hasta que se industrializa en el Ingenio, sufre un acelerado y sistemático proceso de inversión de azúcares inducido por bacterias como el *Leuconostoc mesenteroides* que da

formación a las Dextranas. Esta situación además de que puede provocar pérdidas importantes de azúcar si no se controla, obliga a incrementar el control microbiológico en el Ingenio en el caso de la caña quemada, lo que repercute de manera determinante en los costos relacionados.

#### **17. Induce la Pérdida de Nutrientos Esenciales:**

Algunos nutrientes minerales esenciales y muy importantes para la actividad metabólica y fisiológica de la caña de azúcar se gasifican, volatilizan y pierden con la quema; el Nitrógeno (N) y el Azufre (S) son en lo particular muy afectados por esta causa, como lo asevera Chaves (1999ab), quien recomienda fortalecer por ello la fertilización con esos dos nutrientes en el caso de plantaciones de caña quemadas.

#### **18. Afecta el Turismo y el Paisaje:**

Resulta innegable que las quemas provocan un efecto visual muy negativo para los pobladores y principalmente contraproducente para el turismo. La quema de un cañaveral resulta realmente impactante cuando se le observa de cerca y aún de lejos, sobre todo si el área quemada es amplia, pues la intensidad del calor generado, el ruido crujiente provocado por la quema e incineración del material vegetal y la cantidad de humo liberada son impresionantes para muchas personas.

#### **19. Limita y Pone en Peligro el Tránsito en las Carreteras:**

Se asevera que el humo provocado por las quemas que se realizan principalmente en la orilla o puntos próximos de las carreteras y caminos, limitan la visibilidad, distorsionan la concentración de los conductores e incrementan consecuentemente el riesgo vial y el potencial de accidentabilidad.

## CONCLUSIÓN

La agroindustria azucarera es una actividad productiva muy importante para Costa Rica, pues genera trabajo, riqueza, desarrollo, divisas, productos de alto consumo y valor económico y nutritivo, y también bienestar general para muchas familias, localidades y regiones del país, lo que obliga a mirar la situación de las quemas con sumo cuidado, prudencia y sensibilidad, procurando como estrategia inteligente conocer en principio sus motivos para procurar a partir de ello, encontrar sus alternativas, atenuantes y posibles soluciones (Chaves y Bermúdez, 1999).

Hay que tener presente que la labor de quemar las plantaciones comerciales para realizar la cosecha de la

caña es una práctica tradicional, muy antigua casi de siempre, por tanto muy arraigada entre los agricultores de esa agroindustria y ejecutada mundialmente, por lo que *“es en cierta forma parte intrínseca del cultivo de la caña de azúcar”*, dimensión en la cual debe ser necesariamente conceptualizada y concebida, motivo por el cual, la quema de cañaverales debe necesariamente diferenciarse de otras quemas vegetales (residuos) y más aún exceptuarse de los incendios forestales, que califican en otro orden de problema. La quema controlada y el incendio forestal son cosas muy diferentes en todos los sentidos.

Puede asegurarse sin temor al error, que la caña de azúcar es casi el único cultivo de interés comercial que requiere ser previamente quemado para ser cosechado; la evidencia mundial así lo demuestra, lo que ratifica lo anteriormente aseverado.

## LITERATURA CITADA

1. Alfaro, R.; Chaves, M. 1999. Observaciones Sobre la Capacidad de Extracción y Agotamiento Nutricional de un Ultisol Cultivado con Caña de Azúcar. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 36.
2. Alpizar Quesada, R. 1976. Fertilidad de Suelos Cañeros Costarricenses. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 120 p.
3. Chaves, M.; Alfaro, R. 1996. La Quema de la Caña de Azúcar en Costa Rica. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 10, Congreso Nacional de Fitopatología, 3 y Congreso Nacional de Suelos, 2, San José, Costa Rica, 1996. Memoria. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, Asociación de Fitopatología, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo: EUNED, EUNA. Volumen 1. p: 312.
4. Chaves Solera, M. 1995. Características de la Variedad Ideal de Caña Para la Producción de Azúcar en Costa Rica. En: Simposio Sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memoria. San José, DIECA, setiembre. p: 293-306.
5. Chaves, M. 1999a. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 193-214.
6. Chaves Solera, M. 1999b. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, setiembre. 130 p.
7. Chaves, M.; Bermúdez, A. 1999. Por una Mayor Conciencia Ambiental en el Sector Azucarero. En: Congreso de ATACORI “Randall E. Mora A.”, 13, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Volumen 1. p: 274-278.

## CONSIDERACIONES PARA LA QUEMA TECNIFICADA DE UNA PLANTACIÓN COMERCIAL DE CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA

*Marco Chaves Solera*  
mchavezs@laica.co.cr

*Ana Zita Bermúdez Loría*  
anazitab@yahoo.com.mx

### INTRODUCCIÓN

Resulta importante y muy necesario comentar y tratar de profundizar en lo concerniente al componente técnico vinculado con las quemas de las plantaciones de caña de azúcar, y no apenas enfatizar y persistir en los justificantes del porqué o no se quema para cosechar. La quema es una práctica si bien simple y tradicional, llena de tecnicismo cuando de hacerla prudente, planificada y racionalmente se trata, motivo por el cual se expondrán seguidamente algunos elementos importantes vinculados con la misma.

Se pretende con ello, aportar elementos importantes a tomar en cuenta en cualquier mejora o regulación que se pretenda hacer a la misma, pues la prohibición no es como pudiera pensarse, la única ni la mejor opción para minimizar los impactos que su práctica pueda provocar e inducir, pues cabe perfectamente la regulación tecnificada y bien orientada de la misma. Vale recordar que esos impactos deben ponderar no sólo los efectos ambientales o de salud, sino también los productivos y los de carácter socioeconómico.

#### A) CONDICIONANTES PARA LA QUEMA

La quema de una plantación de caña de azúcar es una práctica agrícola dependiente en un alto grado de factores del entorno que la favorecen o en su caso la impiden o limitan en grado variable. Entre esos factores pueden nombrarse los siguientes como más importantes, determinantes e incidentes en el caso particular de Costa Rica:

- Grado de crecimiento y madurez de la planta
- Grado de humedad de los tejidos por quemar

- Nivel de humedad del suelo
- Presencia de lluvia
- Presencia de viento
- Temperatura ambiente (diurna y nocturna)
- Grado de nubosidad presente
- Contenido de humedad ambiente
- Capacidad de uso del suelo
- Pendiente del terreno
- Compactación del terreno
- Cantidad y calidad del material vegetal dispuesta a quemar
- Duración e intensidad del fuego
- Uso de madurantes y desecantes foliares
- Manejo general de la plantación

Las condiciones de clima prevalecientes en el lugar, particularmente las concernientes a la temperatura ambiente, la presencia de lluvia y de viento, operan como factores promotores o atenuadores del fuego según sea su intensidad, cantidad, duración, orientación y velocidad. La humedad y la nubosidad también coadyuvan de manera importante a favorecer o limitar las condiciones prevalecientes para quemar y la eficiencia alcanzada con la misma.

Es claro que una lluvia que acontezca en forma previa o durante la ejecución de la quema impide, atenúa y limita en grado variable, según sea su volumen parcial y acumulado (mm) y su intensidad (mm/unidad de tiempo), la expansión, cobertura e intensidad del fuego en la plantación. Esto es también válido para el caso del viento aunque expresado en su velocidad (m/seg.), duración y orientación; vientos fuertes incrementan la velocidad e intensidad del fuego, los débiles favorecen la duración y con ello la intensidad y penetración del calor.

Las temperaturas diurnas y nocturnas altas y sostenidas inducen por evaporación de la humedad edáfica y transpiración de la planta, un mayor desecamiento del suelo y el material vegetal, lo que se ve favorecido y complementado por una alta nubosidad en el lugar. La alta humedad ambiental es por el contrario poco estimulante para la quema, por limitar la evapotranspiración y mantener mayores contenidos de humedad en los tejidos de la planta.

El material vegetal juega un papel también determinante en la quema, lo cual está a su vez directamente ligado con el prototipo de variedad que se cultive y queme. No todas las variedades de caña de azúcar que se cultivan comercialmente son iguales, pues hay características genéticas intrínsecas que inducen biotipos fenotípicamente muy diferentes, lo que se expresa en una arquitectura y comportamiento también diferente.

Hay variedades de metabolismo más dinámico que maduran más rápidamente y están por tanto dispuestas para la cosecha en forma más corta y temprana (10-12 meses), en relación a otras de ciclo más tardío y prolongado (16-24 meses); otros clones disponen en virtud de su estructura y arquitectura de una mayor cobertura vegetal, manifestada en un área foliar mayor (alto Índice de Área Foliar-IAF), cogollo de tamaño variable, grado diferencial de ahijamiento y despaje.

Otros factores vinculados directamente con el suelo como son su textura, el nivel freático, el contenido de Materia Orgánica (M.O) y el grado de pendiente y compactación del terreno, tienen también influencia sobre el contenido de humedad y desecamiento de los tejidos de la planta. Texturas gruesas (arenosas), niveles freáticos profundos, bajos contenidos de M.O, baja compactación y alta pendiente del terreno inducen menores contenidos de humedad en el suelo que se manifiestan también en la planta y con ello en un mayor potencial para la quema.

El manejo agronómico general de la plantación es también determinante puesto que bien conducido favorece una mayor cobertura vegetal y con ello la quema, lo que se logra con una buena fertilización, un buen drenaje, un adecuado espaciamiento y aireación de la plantación (buen control de malezas). Los madurantes químicos y los desecantes (por lo general herbicidas a bajas concentraciones) afectan (secan) el área foliar de la planta, deterioran el proceso de la fotosíntesis y promueven consecuentemente la concentración de sacarosa en los tallos de la caña.

Las condiciones de clima, suelo y manejo de plantaciones varían significativamente entre regiones productoras de caña de azúcar en el caso particular de Costa Rica, como es fácilmente verificable. Vemos así como las localidades altas (> 1.000 msnm) de alta pendiente, mantienen predominantemente condiciones de baja

temperatura, alta precipitación, alta humedad relativa, bajo brillo solar y nubosidad persistente; así como velocidades relativamente altas de viento en algunas épocas del año que son coincidentes con el periodo de zafra (enero-mayo). Las zonas bajas (< 600 msnm) de relieve plano son secas, muy calientes, de baja precipitación, poca nubosidad y baja humedad relativa, aunque con presencia de fuerte viento en el periodo de zafra (diciembre-abril), tal como acontece en el Pacífico Seco (Puntarenas + Guanacaste).

## B) ACCIONES A SEGUIR PARA QUEMAR

La quema de un cañaveral implica realizar varias acciones orientadas a minimizar el riesgo, controlar el fuego y asegurar la máxima eficiencia de la operación. Es por esta razón que las acciones por desarrollar se ubican en el tiempo en:

- Previas a la Quema
- Durante la Quema, y
- Posteriores a realizar la Quema y la Cosecha de la Caña

Las actividades **PREVIAS** implican: Contar con un Protocolo de Quema; trazar un Plan de Acción específico que contemple secuencial y sistemáticamente todas las etapas a cumplir; definir acciones puntuales de carácter preventivo efectivas; elaborar un Plan Contingente alternativo caso ocurra algún imprevisto o emergencia; asignar las responsabilidades respectivas a las personas involucradas; ubicar secuencialmente los lotes, el área (m<sup>2</sup>) aproximada por quemar y el momento (fecha) durante la zafra en que se realizará la labor.

Las actividades a realizar **DURANTE** la quema son determinantes en el éxito que pueda tenerse, por lo que se incluye: revisar y repasar con antelación los Planes preventivos y contingente de quema previstos desarrollar; comentar con los responsables de realizar la quema los aspectos básicos de los planes previstos; definir la orientación y el recorrido del fuego en función del viento y la pendiente; acordar la hora de inicio y posible finalización de la quema; informar con fines preventivos a los vecinos la intención de quemar la plantación; identificar, disponer y ubicar en el campo los equipos y el personal necesarios; realizar las rondas y controlar el recorrido y avance del fuego; recolectar y retirar cualquier fuente combustible no deseable (ramas, árboles, arbustos, madera, plásticos, etc.); coordinar lo relativo con la cosecha, el transporte y la molienda de la caña en el ingenio.

Lo concerniente al periodo **POSTERIOR** a la quema es también muy importante considerarlo, puesto que complementa lo planificado previamente, entre las actividades a desarrollar en este caso están: verificar

directamente en el campo los efectos provocados por el fuego; asegurarse de apagar cualquier vestigio de fuego residual que quede aún "vivo"; verificar en los alrededores y zonas colindantes la ausencia de fuego; impedir el ingreso de los cortadores hasta asegurarse que el fuego se apagó y el calor se redujo a términos aceptables; no retirarse ni abortar una actitud vigilante hasta tanto la cosecha este asegurada.

### C) TÉCNICA PARA QUEMAR

La quema de cañaverales constituye una práctica agrícola tradicional que se ha tecnificado y mejorado cada vez más con el paso del tiempo, el desarrollo de nuevas tecnologías y las exigencias de orden ambiental impuestas legalmente, motivo por el cual se han definido y establecido procedimientos sistemáticos que se siguen y respetan incondicionalmente, cuando la quema de una plantación se realiza técnicamente y bajo patrones controlables.

Es importante indicar que los ingenios azucareros, las grandes empresas productoras de materia prima y los grupos privados especializados en la cosecha de la caña, poseen equipos especializados en esta materia conformados por personas que han sido debidamente capacitadas y principalmente concientizadas, respecto a la importancia y trascendencia que por su riesgo, consecuencias y efectos, implica la quema de una plantación.

Debe descartarse por tanto la idea equivocada que muchas veces persiste, de que "quemar un cañal es simplemente darle fuego y esperar que este finalice", puesto que como se comentará seguidamente en la realidad no es así. Esto no desconoce, descarta ni elimina las acciones irresponsables, personalizadas y antitécnicas que muchas personas ejecutan cuando sin contar con los mejores criterios realizan una quema, pero eso es otra cosa respecto a lo que la mayoría hace.

Vale reconocer que lamentablemente para muchas personas irresponsables "la tecnología del fósforo resulta simple, fácil, barata y muy efectiva cuando de preparar y acondicionar una plantación para la cosecha se trata", lo que no debe confundirse con la mayoría que realiza la práctica de forma controlada y responsable.

En términos más específicos y detallados, la secuencia de labores, acciones y los cuidados que se deben adoptar cuando se quema un cañaveral, son en general los siguientes:

- **Permiso Previo de Quema:** Actualmente es necesario de acuerdo con la Legislación Nacional vigente y propiamente con lo establecido en el Decreto Ejecutivo N° 23850-MAG-SP (Artículo 2) del 14 de diciembre de 1994, contar en el caso de la caña de azúcar, con un permiso previo de quema otorgado

por un organismo competente, en este particular el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

- **Plan o Protocolo de Quema:** En virtud de tratarse de una práctica riesgosa y potencialmente peligrosa, resulta razonable, saludable y muy prudente contar con un "Plan o Protocolo Previo de Quema" diseñado y discutido en grupo, donde se identifiquen, establezcan y definan las acciones sistemáticas a seguir. Lo más importante es que el Plan sea conocido en todos sus alcances por las personas que van a participar en la labor.
- **Plan Contingente de Emergencia:** Por los mismos motivos anteriores, resulta fundamental contar con un "Plan Contingente de Emergencia" donde se defina claramente ¿Qué hacer? ¿Cómo actuar? ¿A quién acudir? si por acaso se generara una emergencia con el fuego, sea por descontrol, formación de fuegos alternos, personas afectadas o cualquier otra causa similar. Es fundamental eliminar el concepto de "imprevistos", pues en este caso todo debe ser considerado y estimado previamente como potencialmente posible de ocurrir, aún lo que no se desea que acontezca. Es muy importante que todas las personas vinculadas con la quema estén previa y debidamente informadas y sobre todo, sepan como actuar en caso de suceder una emergencia, pues no debe haber bajo ninguna circunstancia espacio para la improvisación.
- **Supervisores y Ejecutores de Quema:** La práctica aunque en apariencia sencilla, requiere de conocimientos básicos y sobre todo experiencia, prudencia, previsión y mucho cuidado por parte de quienes la realizan. En ese mismo sentido, debe contarse con "equipos de quema" permanentes conformados con las personas idóneas, liderados por personas muy responsables y concientes de lo que realizan y conducen. Las responsabilidades y potestades de cada persona en el equipo deben estar muy claras y muy bien definidas. Todos los miembros del equipo de quema deben participar en el diseño y conocer muy bien tanto el Plan de Quema como el Plan de Emergencia. Es fundamental que dicho equipo sea capacitado permanentemente en materia de control preventivo y emergente del fuego, prácticas de rescate y atención de heridos, etc.; debe contarse con verdaderos equipos de bomberos más que de quemadores o incendiarios.
- **Aviso Previo a Vecinos y Autoridades:** Es obligado legalmente en la actualidad (Artículo 6d del Decreto) informar previamente a las autoridades

policiales del lugar, respecto al día y la hora en que se efectuará la quema. Resulta además prudente y muy saludable comunicar también a los vecinos colindantes que podrían eventualmente verse afectados, respecto a la intención de quema; esto con el fin de minimizar o eliminar el factor sorpresa.

- **Disposición de Equipo Necesario:** Deberá prepararse y disponerse el equipo y los materiales que sean necesarios para realizar y controlar la quema, lo que implica contar con agua suficiente y herramientas como cuchillos, rastrillos, escobas, bombas de espalda y tanquetas con agua, etc., empleados para apagar el fuego que pudiera surgir en caso de emergencia. Es muy importante ubicar esos elementos estratégicamente en la plantación, de manera que dinamicen, agilicen el desplazamiento y hagan efectiva cualquier acción emergente que deba ejecutarse. No basta con disponer de ellos, es fundamental asegurar su efectiva utilización en caso de ser necesario.
- **Ubicación de los Lotes:** Parece obvio pero es fundamental definir y ubicar previamente muy bien física y espacialmente los lotes y el área que se va a quemar. Debe tenerse presente que la quema es sistemática y progresiva, razón por la cual deben disponerse para la quema extensiones que permitan su control. Áreas topográficamente difíciles, inaccesibles o especiales como acontece con zonas urbanas, pequeñas poblaciones, áreas industriales, de desarrollo pecuario (ganadería, avícolas, porcinos, apiarios, etc.), aeropuertos, carreteras, bosques, ríos, lagos, cuencas hidrográficas, nacimientos, riachuelos, tendidos eléctricos, etc., merecen especial atención y deben ser particularmente atendidas.
- **Hora de la Quema:** El Decreto ya mencionado regula y señala en su Artículo 6f, que la quema debe realizarse “después de las cuatro pasado meridiano (4:00 p.m) y antes de las siete meridiano (7:00 a.m), evitando realizarlas en día de viento”, lo que implica un tiempo un total de 15 horas.

La concepción y las regulaciones establecidas sobre este tópico son variables entre países y agroindustrias azucareras. En la zona cañera del Valle del Cauca, Colombia, por ejemplo, se autoriza la quema de cañaverales en áreas sin prohibición sólo entre las 8:00 a.m y las 2:00 a.m del día siguiente (18 horas); en plantaciones situadas dentro del perímetro restringido de aeropuertos y no en el área de prohibición (dentro del cono de aproximación y despegue de aviones), sólo se permite la quema en horarios

entre las 12:00 de la noche y las 5:00 a.m (5 horas). En el caso de Brasil, la misma se recomienda realizarla preferiblemente en horas de la noche. Otros países dejan abierta la práctica al momento que el interesado lo estime más conveniente, cumpliendo obviamente con las regulaciones y recomendaciones que puedan existir al respecto.

Argumenta Cortés (1998, sf) respecto a este tema, que *“Desde el punto de vista físico y técnico, el horario nocturno y sobre todo el de la madrugada, es el menos apropiado para la dispersión atmosférica de los productos de una quema, como el humo, la ceniza, diferentes gases y material particulado, ya que es precisamente en ese lapso cuando tienen lugar las menores velocidades del viento y las más altas humedades, así como las más bajas temperaturas en superficie y, por consiguiente, la mayor probabilidad de ocurrencia de inversiones térmicas, dando como resultado que, bajo esas condiciones, se lleguen a presentar en la atmósfera las mayores concentraciones de los elementos mencionados”*. Agrega con mucha objetividad refiriéndose al horario nocturno que califica como “anti-técnico”, que *“Tal vez ese horario se estableció por aquello de que “Ojos que no ven, corazón que no siente?”*

Lo cierto del caso es que si se revisa todo lo relativo a la mejor hora para quemar una plantación de caña de azúcar, notaremos la enorme variabilidad e inconsistencia que existe y ha existido sobre este asunto, aún en Colombia, país que sin embargo programa y realiza actualmente de forma ejemplar la quema de las plantaciones de caña ubicadas en el Departamento del Valle del Cauca, tomando en cuenta y con fundamento en información geográfica, climática y meteorológica, bajo las cuales se autoriza y pueden llevarse a cabo las quemas de plantaciones de caña de azúcar.

- **Rondas Cortafuegos:** Con el fin de regular y controlar el recorrido e intensidad del fuego, en la práctica se definen en el campo límites naturales como caminos, ríos, abismos, etc.; o también artificiales denominados rondas, que impiden el avance, progresión y descontrol del fuego. Las rondas cortafuegos consisten en abrir un espacio físico separador en el perímetro del área que se pretende quemar (frente de fuego), a la cual se le elimina cualquier material combustible. Dicha ronda debe medir de ancho de acuerdo con lo establecido por el Decreto Ejecutivo (Artículo 6b), el doble del alto del material combustible que se quemará, en este caso la caña de azúcar, el cual no podrá ser menor de un metro de ancho. La altura de las plantas de caña es muy variable entre variedades

y localidades, aunque por lo general varía de base a cogollo entre 2 y 4 metros. Resulta importante dejar espacios separadores amplios en el “frente o perímetro de quema”, con el fin de dar oportunidad a que cualquier animal que quede imposibilitado pueda salir del lugar sin sufrir daño.

- **Eliminación de Obstáculos:** Previo a realizar la quema debe recorrerse el área (interna y externa) por quemar y proceder a retirar o eliminar cualquier obstáculo o material combustible no deseado que pudiera generar problemas durante o luego de la quema. La presencia de arbustos, ramas, plásticos, árboles caídos son inconvenientes en razón de que “aceleran” y mantienen perdurable el fuego aún luego de finalizada la quema del cañaveral, motivo por el cual deben dentro de lo posible eliminarse. Esta práctica es muy saludable y por tanto recomendable.
- **Sentido y Orientación del Fuego:** La experiencia y antecedentes del lugar, así como la información climática principalmente de orientación y velocidad del viento que pueda disponerse, es muy importante en este aspecto. El uso de “globos de helio” puede ser importante para esto. El fuego debe premeditadamente provocarse y orientarse en contra del recorrido del viento (contraviento) y también en contra de la pendiente (de abajo hacia arriba), de manera que asegure lentitud y favorezca el control. Estas medidas procuran controlar en algún grado el sentido, la velocidad y la intensidad del fuego. Es muy importante tener presente que el fuego es controlable si se planifica convenientemente y disponen medidas preventivas.
- **Control del Fuego:** Durante todo el proceso de quema debe haber control absoluto de la misma, lo cual se logra siguiendo las acciones y recomendaciones establecidas en el Plan de Quema. La labor del equipo de quema y particularmente de los supervisores es muy importante en esta fase, pues tienen el deber de verificar el cumplimiento de lo previsto y discernir las decisiones que deban eventualmente adoptarse con carácter emergente.
- **Final del Fuego:** La verificación y confirmación de que el fuego esta controlado y preferiblemente finalizado es muy importante, pues asegura el éxito del Plan desarrollado. En la práctica el final de la quema lo establece la eliminación de cualquier foco o punto ardiente que pueda bajo condiciones favorables, resurgir y generar una nueva conflagración, lo cual es potencialmente posible cuando hay material de

combustión lenta o retardada. Los supervisores de quema no deben retirarse del lugar hasta verificar en el campo y asegurarse que el fuego quede completamente apagado.

- **Ingreso de Cortadores:** Una vez finalizado el fuego debe darse un espacio de tiempo prudencialmente suficiente para que el calor generado durante la quema disminuya, luego de lo cual es permisible el ingreso de los cortadores a realizar su labor de cosecha. De no ocurrir eso podrían haber problemas con quemaduras en la piel, daños en los ojos o problemas respiratorios por efecto de las cenizas calientes.

## D) ¿QUIÉN QUEMA?

En principio podría pensarse que la respuesta a esta simple pregunta es obvia pero no es así, puesto que los orígenes de la quema de las plantaciones de caña de azúcar son por su naturaleza varios y diversos, motivo por el cual resulta necesario y justificable un comentario al respecto.

En primera instancia hay que reconocer que en el caso de los Ingenios, grandes plantaciones y en general aquellos productores (independientes o no) que disponen de equipos de corta y cosecha propios o contratados, la quema forma comúnmente parte del plan de cosecha. Sin embargo, motivados por la falta de cortadores, la creación y operación formal de empresas de cosecha y la participación mayoritaria en muchas localidades de personal extranjero (Nicaragüense), la quema ha venido principalmente durante los últimos 10 años siendo impuesta. Es conocido que cuando se contratan esos equipos se impone la quema o en su caso, se establece un “precio opcional mayor” y alternativo para cosechar sin quema que por su monto saca de posibilidades al agricultor para accederlo.

Puede sin ningún temor aseverarse y concluirse, que en el caso de los pequeños y medianos productores que no cuentan con equipos propios de corta, capacidad de negociación en virtud de su área, ni grandes recursos para la cosecha, la quema es impuesta por el cortador y no por el agricultor, quién inclusive muchas veces no desea quemar para cosechar aunque queda sin opción. En la región cañera de la zona sur (Pérez Zeledón) esto ha ocurrido.

Hay también que tomar muy en cuenta al analizar este tema lo que en la realidad es muy cierto, perfectamente comprobable y por tanto válido como argumento justificante de la quema. Acontece que en muchas ocasiones las quemas son realizadas en forma delictiva, imprevista, riesgosa y oculta por personas extrañas ajenas a la propiedad, que provocan graves daños a la plantación por no contar muchas veces ésta con el grado de

madurez fisiológicamente recomendable y no adoptarse tampoco las provisiones necesarias.

Una modalidad de lo anterior es el descuido muy común que se tiene cuando se arroja por ejemplo un cigarro encendido o material caliente en una plantación o material vegetal seco.

Las quemaduras fortuitas y sin intervención humana también ocurren con alguna frecuencia, y se dan principalmente en regiones de alta temperatura (diurna y nocturna), donde las condiciones secas son máximas en ciertas épocas de la zafra. La condición de humedad del material vegetal es en ese caso muy baja, lo que favorece la incineración rápida del mismo cuando hay algún acelerador, como podría ser algún vidrio (botella, vaso, etc.), plástico, metal o similar que concentre por reflexión la energía provocando un efecto calórico de "lupa".

La frecuencia con que se dan los incendios provocados intencionalmente y también los fortuitos es alta y de consecuencias productivas y económicas muy importantes para los Ingenios y los productores; siendo por lo general mayores en el caso de plantaciones ubicadas en las proximidades de zonas urbanas, lo que incrementa el riesgo, y también a carreteras y caminos muy transitados.

## E) REQUEMA

En algunos casos es común que muchos agricultores tengan algún temor por diversos motivos a realizar la quema de sus plantaciones de caña en pie, por lo que proceden luego de efectuada la cosecha a recoger, acordonar (remangar) y quemar los residuos vegetales de cosecha que quedan en el suelo, práctica denominada como **Requema**. Esta práctica se da también cuando la quema de la plantación en pie ha sido deficiente, y es alta la cantidad de material vegetal residual que permanece aún en la plantación.

En relación con esta práctica, la tecnología cañera ambientalmente responsable no recomienda su ejecución pese a las ventajas de otra índole que promueve, debido a que puede provocar efectos detrimentales sobre la cobertura vegetal, la microbiología del suelo y el ecosistema. La permanencia del calor por mucho tiempo en un punto específico puede inducir efectos negativos sobre el medio, los cuales no acontecen cuando la quema de la plantación se realiza en pie. Debe por tanto diferenciarse muy bien ambas modalidades de quema.

## F) EFICIENCIA DE QUEMA

Por su naturaleza la quema de un cañaveral requiere para que sea en la práctica efectiva y satisfaga su objetivo original, contar con las condiciones que la favorezcan,

lo cual en la realidad agrícola por diferentes razones no siempre se da. Cabe preguntarse entonces para tener claro este concepto ¿Qué es una quema efectiva?

Como se ha explicado amplia y detalladamente a través del presente documento, en consideración de las condiciones presentes antes y prevalecientes durante la cosecha de la plantación, la quema es diferencial en su resultado final respecto al entorno y respecto a la materia prima, por lo que podría en principio calificarse en virtud sus efectos como:

- Satisfactoria
- Adecuada
- Deficiente

Cuando la mayor parte del material vegetal potencialmente previsto eliminar con la quema es incinerado, y además no han acontecido imprevistos y problemas colaterales de ninguna especie, se dice que la quema fue **SATISFACTORIA**; en este caso el contenido de materia extraña residual es muy bajo. Por el contrario, si las o alguna de las condiciones requeridas para la quema no fue la mejor y lo previsto no se cumple como se esperaba, la quema se califica entonces como **DEFICIENTE**, en cuyo caso es de esperar que la quema sea superficial, parcial e incompleta, lo que induce altos contenidos de materia extraña en la materia prima que se lleva al ingenio; además de que la dificultad de cosecha fue reducida pero no minimizada. En este caso pudieran acontecer también dificultades e imprevistos que ocasionen problemas en el entorno.

La condición de quema calificada como **ADECUADA** revela un nivel intermedio, donde la quema fue buena y aceptable pero no enteramente satisfactoria, lo que genera contenidos de basura algo altos y por tanto de efectos económicos importantes.

Resulta elemental reiterar por su trascendencia y significado que la quema de la caña es una práctica técnicamente conducida y pragmáticamente orientada, que establece y mantiene indicadores de eficiencia; razón por la cual, el simple hecho de quemar no significa necesariamente el éxito de la práctica desde ninguna perspectiva en que pueda ser analizada.

## LITERATURA CONSULTADA

1. Brasil. Ley N° 11.241. Publicada en el Diário Oficial del Estado de São Paulo, Volumen 112, Número 180 del 19 de setiembre del 2002. <http://www.imprensaoficial.com.br>.
2. Calero, C.X. 1999. ¿Por Qué se Quema la Caña de Azúcar? Azúcar Notas (Colombia), setiembre 9 (29): 6-7.
3. Calero, C.X. 2000. Manejo Automatizado de Quemaduras de Caña en la Industria Azucarera Colombiana. En: Congreso ATALAC, 5, ATACA,

- 13 y ATACORI, 14, San José, Costa Rica, 2000. Memoria. San José, ATALAC/ATACA/ATACORI, setiembre. p: 146-151.
4. Calero, C.X. 2000. Reglamentaciones Vigentes Para Realizar Quemadas de Caña de Azúcar. Cali, Colombia, Carta Trimestral CENICANA. 22 (3):10-11.
  5. CENICANA. 2001. Consideraciones Para Realizar Quemadas y Requemadas en Lugares Permitidos. CENICANA, Cali, Colombia, Carta Trimestral 23 (2): 35.
  6. Cortés Betancourt, E. sf. Evolución de la Legislación Ambiental Relacionada con la Quema de Caña de Azúcar. CENICANA. Documento de Trabajo. 4 p.
  7. Cortés Betancourt, E. 1997. Cuatro Años de Operación de la Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano. Cali, CENICANA. 3 p. (Documento de Trabajo, N° 351).
  8. Cortés Betancourt, E.; Rodríguez P, H. 1997. Evaluación del Proyecto Piloto para el Manejo de Quemadas de Caña de Azúcar en el Área de Palmira, el Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón y Roza. Cali, CENICANA. 11 p. (Documento de Trabajo, N° 351).
  9. Cortés Betancourt, E. 1998. Legislación Ambiental sobre Quemadas de la Caña de Azúcar. Cali, Colombia, Carta Trimestral I, CENICANA 20 (1): 28-30.
  10. Cortés Betancourt, E. 2000. La Meteorología al Manejo de las Quemadas de Caña de Azúcar en el Valle Geográfico de Río Cauca-Colombia. En: Congreso ATALAC, 5, ATACA, 13 y ATACORI, 14, San José, Costa Rica, 2000. Memoria. San José, ATALAC/ATACA/ATACORI, setiembre. p: 165, 166.
  11. Cortés Betancourt, E. 2000. Cuatro Años de la Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano. En: Congreso ATALAC, 5, ATACA, 13 y ATACORI, 14, San José, Costa Rica, 2000. Memoria. San José, ATALAC/ATACA/ATACORI, setiembre. p: 167.
  12. Cortés Betancourt, E. 2000. La Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano. En: Congreso ATALAC, 5, ATACA, 13 y ATACORI, 14, San José, Costa Rica, 2000. Memoria. San José, ATALAC/ATACA/ATACORI, setiembre. p: 169-172.
  13. Cortés Betancourt, E. 2003. Comportamiento de la Ceniza (Pavesa) Generada en Quemadas de Caña, Según Datos de Viento Suministrados por una Red Meteorológica Automatizada. En: Congreso de ATACORI "José Luis Corrales Rodríguez", 15, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 29-40.
  14. COSTA RICA. 1994. Reglamento Para Quemadas Controladas con Fines Agrícolas y Pecuarios. Decreto Ejecutivo N° 23850-MAG-SP, dado el 04 de noviembre y publicado el 14 de diciembre de 1994, en el Diario Oficial La Gaceta N° 237. p: 29, 30.

## REGULACIONES INTERNACIONALES SOBRE QUEMA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Marco Chaves Solera  
mchavez@laica.co.cr

Ana Zita Bermúdez Loría  
anazitab@yahoo.com.mx

### INTRODUCCIÓN

En lo que respecta a la quema de las plantaciones comerciales de caña de azúcar para su cosecha, es mucho lo que hay a nivel internacional que revisar y comentar, aunque es bueno saber de antemano, que en prácticamente casi todo el mundo azucarero la planta se quema para realizar la cosecha de las plantaciones comerciales, con algunas pocas excepciones como es el caso de Cuba, Australia, Sudáfrica y algunas regiones de Brasil. Existen además otras zonas tradicionales productoras de caña como Hawái y Colombia donde la práctica se regula. La quema cobró mucho auge luego de finalizada la Segunda Guerra Mundial con motivo de la crisis que por causa de la escasez de mano de obra se generó, así como la presencia de plagas (ratas y taladradores) y de serpientes existentes en los campos cañeros.

En aquellos países y localidades donde la producción de caña y azúcar se opera siguiendo los Principios filosóficos y pragmáticos de la Agricultura Orgánica, obviamente la quema no aplica; este es el caso de Paraguay, Brasil, República Dominicana y Colombia, principalmente, entre muchos otros países que con diferente intensidad desarrollan esa interesante opción comercial.

Los países que han eliminado la quema como es el caso de Australia, cabe reconocer parcialmente, lo han hecho motivados más por razones de orden económico que ambiental. En Hawái existe desde hace bastante tiempo una enorme presión contra las quemaduras, promovida principalmente por el sector turístico que ha considerado la quema como una práctica que atenta contra la panorámica y las riquezas escénicas del lugar, afectando el lugar como destino turístico.

### OBJETIVO

El objeto fundamental de redactar y exponer el presente documento, es el de contribuir a enriquecer la documentación relativa a la práctica de control y regulación de la quema, aportando información sobre la situación internacional, con el fin de disponer de mejores argumentos para orientar cualquier acción de análisis que se pretenda desarrollar en torno al tema. Se exponen experiencias aplicadas en otras agroindustrias del mundo cañero interesantes de conocer.

### DESARROLLO

De acuerdo con la revisión internacional efectuada, no existe o al menos encontró en general **legislación prohibitiva** a la ejecución de la práctica de la quema de plantaciones, sino más bien reglamentación de naturaleza **regulatoria** general no específica ni exclusiva para la caña de azúcar, tal como acontece en el caso de Costa Rica. Esta situación resulta probablemente del hecho de que las quemaduras son en sí mismo un serio problema para muchos países, principalmente aquellos donde predomina la agricultura campesina de subsistencia o migratoria, en los cuales la práctica está muy arraigada por lo que el tratamiento regulatorio es genérico y no específico por rubro productivo.

**Colombia** es posiblemente el país productor de caña del Continente Americano, que con mayor seriedad y capacidad ha procurado resolver el problema de la quema sin deteriorar su estructura y sistema productivo básico, en virtud de los altos tonelajes de caña que produce (superiores en promedio a 123 TM/ha) y las dificultades que

consecuentemente se generan para la cosecha mecánica el no quemar sus plantaciones comerciales, afectando con ello su rentabilidad y competitividad técnico-económica.

Debido a la gran cantidad de materia prima producida y necesaria cortar, las máquinas cosechadoras ven seriamente limitada su capacidad de corta al no quemarse la plantación, esto por el impedimento que la materia extraña (hojas secas y verdes, cogollo, etc) implica para el sistema de corta y procesamiento.

En el caso particular de Colombia, fue luego de 1973 que se comenzó a practicar la quema de plantaciones de caña, generando con los años gran inconformidad por los perjuicios ambientales y de salud que provocaba en las plantaciones. Fue así como en 1995 el Ministerio Colombiano del Medio Ambiente, publicó un Decreto (No. 948 de 1995) en el cual se prohíben las quemas agrícolas a partir del año 2005, obligando al sector azucarero colombiano a plantear estrategias tecnológicas para cumplir con dicho objetivo.

El 01 de noviembre de 1996, el Ministerio del Ambiente, las Corporaciones Autónomas Regionales y las Comunidades firmaron con el Sector Azucarero Colombiano, un Convenio de *Producción Más Limpia* donde se formularon y fijaron varios compromisos como:

*“No quemar la caña en pie ni requemar los residuos de caña a menos de 1 km de las cabeceras municipales, a 1,5 km de los aeropuertos, a 80 metros de las vías pavimentadas, a 30 m (15 m de cada lado) debajo de las líneas eléctricas y a 30 m de las construcciones en los corregimientos. Adicionalmente, tampoco se puede requemar a partir de 1998 el 20% del área sembrada con caña, el 40% en 1999, el 60% en el 2000 y a partir del 2001 sólo se requemara en plantillas. El sector azucarero también se comprometió a disminuir las molestias causadas por las pavesas (cenizas) en las poblaciones”.*

Respecto al compromiso adquirido por el Sector Azucarero Colombiano se nota un impacto agrícola importante, el cual prohíbe la **quema** en los sitios acordados e indicados; pero sobre todo, impide la **requema** en toda el área cañera, autorizándola sólo en el caso de los residuos de cosecha de predios que vayan a ser renovados y que no estén ubicados en zonas restringidas.

En las zonas productivas donde no hay restricción se puede quemar entre las 8:00 a.m. y las 2:00 a.m. del día siguiente. El área quemada no puede ser en este caso superior a 6 hectáreas. El inicio de la quema se autoriza sólo con velocidades del viento entre 1,5 y 5,0 m/segundo y direcciones que no afecten centros urbanos.

En localidades próximas a aeropuertos, la quema se autoriza sólo fuera del horario de tráfico aéreo (12:00 medianoche y las 5:00 a.m.), respetando el perímetro del 1,5 km a su alrededor y sin superar las 4 hectáreas por quema.

La quema está prohibida en el área comprendida del cono trazado en las líneas de aproximación y despegue de aviones, con un ángulo de 20° a partir de ambos extremos de la pista, hasta 8 km en línea recta, medidas linealmente como prolongación del eje de la pista a partir de sus extremos.

En Colombia la quema es una práctica que se encuentra presuntamente en vía de extinción. Las normas establecidas definen como ya se comentó, las áreas donde se prohíbe permanentemente realizar quemas y las áreas donde es posible quemar, siempre y cuando se cumplan los requisitos técnicos advertidos. Se sanciona con multa a quien no cumpla las disposiciones vigentes. En el caso de quemas accidentales (no previstas ni programadas), se exige informar y poner la denuncia ante las autoridades inmediatamente ocurrido el evento.

Para atender, orientar y conducir técnicamente el asunto, el Sector Azucarero Colombiano adquirió e instaló desde setiembre de 1993, una Red Meteorológica automatizada, la cual opera y administra el **Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA)**. Actualmente cuenta con 28 estaciones estratégicamente ubicadas y su objetivo inmediato, entre muchos otros, es el de constituirse en una herramienta tecnológica para tratar de minimizar los efectos negativos provocados por las cenizas (pavesas). Esta red automatizada y los procedimientos establecidos por CENICAÑA para el manejo de las plantaciones de caña, involucran el uso de información de tipo geográfico, climático y también meteorológico.

En el caso del **Estado de Texas (EUA)** existe un documento denominado **“Quemar al Aire Libre en Texas”**, preparado por la División de Operaciones de Campo de la **Comisión de Texas para la Conservación de los Recursos Naturales (TNRCC)**, publicado con el propósito de orientar y asistir al público en general, así como a los Oficiales Estatales y Locales responsables de interpretar la **Regla de Quemar al Aire Libre** (Título 30, Código Administrativo de Texas, Secciones 111.201-111.221) el cual entró en vigor el pasado 16 de setiembre de 1996.

El propósito de la regla es proteger el ambiente, promover la seguridad, la salud pública y evitar la presencia de condiciones que denominan “fastidiosas”, impuestas a través de procedimientos y regulaciones sensibles para quemar al aire libre. La regla de quemar al aire libre prohíbe en primera instancia, el quemar al aire libre en cualquier parte del Estado de Texas, y después provee excepciones para situaciones específicas en las cuales es necesario quemar y esto no representa ni implica un peligro al medio ambiente.

Si el quemar resulta ser necesario, pero la situación no cae bajo las excepciones provistas en la regla, entonces se puede pedir una autorización a la TNRCC para poder quemar. La regla también especifica las

condiciones que deben ser reunidas para proteger el medio ambiente y evitar otros impactos adversos cuando se permite quemar.

En el caso particular de la caña de azúcar, la Comisión permite a los agricultores cañeros quemar, porque estima que:

*“ No hay alternativas técnicas o ecológicamente satisfactorias. Hace años, el Río Grande Valley Sugar Growers Inc., pidió autorización para quemar los campos de caña en asociación con cada cosecha. Después de varios estudios de observación, la TNRC concluyó que no existía una alternativa práctica para esta industria. La agencia entonces aprobó una orden acordada que nombra las condiciones bajo las cuales la agroindustria azucarera puede quemar los campos”.*

En el caso particular de los **Estados Unidos (EEUA)**, puede asegurarse que la caña de azúcar es cortada quemada casi en su totalidad para realizar su cosecha, excepto casos muy especiales y aislados. Son sin embargo varias las agencias que regulan los asuntos vinculados con la quema; esto en virtud de que cada región productora de caña dispone y conduce su legislación en forma independiente por medio de Agencias Estatales, aunque satisfaciendo los principios y regulaciones de la **EPA**, los cuales se revisan y ajustan periódicamente.

Entre dichas agencias se tienen las siguientes según Estado:

Estado	Agencia
Hawaii	Hawaii State Department of Health
Florida	Florida Division of Forestry
Louisiana	Louisiana Department of Environmental Safety
Texas	Texas Natural Resource Conservation Commission (TNRC)

La agroindustria azucarera de **México** no establece tampoco ningún tipo de prohibición expresa para quemar la caña, como lo indicara el Dr. Silverio Flores Cáceres al ser consultado personalmente. Las regulaciones son las normas comunes establecidas para la quema de residuos vegetales, por lo que no existe ningún tipo de excepcionalidad para la práctica de quemar la caña de azúcar.

Otros países productores de caña **Centroamericanos**, del **Caribe** y **Sudamérica** consultados tampoco tienen regulaciones especiales y específicas para la quema de la caña de azúcar. En este particular, el Dr. Mario Melgar, Director del **Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA)**, expresa que ese país ha hecho poco en esta materia y no existen normas legales que impidan la quema de la caña por lo que ésta sólo se regula.

Otro caso excepcional digno de comentar es el existente en **Brasil**, país en el cual el asunto de la quema de cañaverales es muy disímil en su práctica, puesto que hay regiones como es el Centro-Sur, propiamente en los Estados de São Paulo, Minas Gerais y otros, donde se hacen grandes esfuerzos por parte de los grandes ingenios por eliminar la quema, lo cual ha sido muy exitoso en varias regiones y localidades como acontece por ejemplo en la localidad de Riberão Preto. En el Noreste, Estados de Pernambuco, Alagoas, Bahía y otros, acontece lo contrario, pues la práctica de quemar está muy difundida y arraigada entre los productores.

Actualmente se viene ejecutando un Plan para eliminar sistemáticamente la quema. Dicho Plan esta debidamente definido y reglamentado en la Ley No 11.241 sancionada por el Gobernador del Estado de Sao Paulo y publicada en el Diario Oficial del Estado de Sao Paulo (Volumen 112, Número 180) el 20 de setiembre del 2002.

En términos muy generales, el Estado de Sao Paulo regula y condiciona la quema de las plantaciones de caña, bajo los siguientes principios:

- La Ley diferencia y adopta como criterio segregante, la diferencia entre áreas de caña **mecanizables y no mecanizables**, motivo por el cual el grado porcentual de pendiente que presente el terreno resulta determinante en su ubicación.
- En el caso de las **áreas mecanizables** la quema deberá ser eliminada en el término de 20 años (2002 al 2021); en las áreas **no mecanizables** el período se extiende a 30 años (2002 al 2031).
- Las **áreas mecanizables** corresponden según la Ley a plantaciones con siembras superiores a 150 hectáreas, con pendientes iguales o inferiores al 12% (12 m de desnivel en 100 m de surco), ubicadas en suelos con estructuras que permitan la adopción de técnicas usuales de mecanización en el corte de la caña.
- Se establece como área **no mecanizable**, aquella cuya pendiente es superior al 12% y el área quemada es inferior de 150 hectáreas. La estructura del suelo inviabiliza además la adopción de técnicas visuales de mecanización en la cosecha.
- El ritmo de eliminación de la quema establecida para cada una de esas condiciones es la siguiente:

Año	Área Mecanizable	Área No Mecanizable
1o	2002	En el 20% del área cortada se elimina el 20% de la quema
5o	2006	En el 30% del área cortada se elimina el 30% de la quema
10o	2011	En el 50% del área cortada se elimina el 50% de la quema.
15o	2016	En el 80% del área cortada el 80% de la quema se elimina.
20o	2021	En el 100% del área cosechada se elimina la quema.
25o	2026	En el 50% del área cosechada se elimina el 50% de la quema
30o	2031	Se elimina la quema en el 100% del área cosechada

Como se nota se dispone de un margen mayor de tiempo para eliminar la quema en el caso de las áreas no mecanizables, lo que reconoce y premia las dificultades de manejo que hay en la cosecha de las mismas.

- La quema de la paja de la caña es condicionada y la Ley estipula que no se hará a menos de:
  - 1 km del perímetro del Área Urbana definida por Ley Municipal.
  - 100 m del límite de las áreas de dominio de Subestaciones de Energía Eléctrica.
  - 50 m alrededor del límite de Estaciones Ecológicas, Reservas Biológicas, Parques y demás Unidades de Conservación y Refugios de Vida Silvestre.
  - 25 m alrededor del límite de las áreas de dominio de las Estaciones de Telecomunicaciones.
  - 15 m a lo largo de los límites de las áreas de dominio de Ferrovías y Rodo vías.
- Deberán disponerse complementariamente, además de respetar obviamente los límites indicados anteriormente, alrededor del área a quemar espacios (de seguridad) no menores de 3 m, que deberán ser mantenidos limpios y no cultivados; debiendo los mismos ampliarse según sean las condiciones ambientales, de clima y topográficas del lugar.

- La quema deberá realizarse preferiblemente en el período nocturno, evitando los períodos de mayor temperatura y respetando la condición y dirección de los vientos respecto a las áreas urbanas.
- Debe informarse previamente a los vecinos colindantes con el área prevista quemar; así como informar oficialmente a las autoridades con un mínimo de 96 horas (4 días) el día, la hora, el lugar de quema y los linderos implicados a las autoridades del Departamento de Recursos Naturales del Estado.
- Se prohíbe la quema ejecutada en una única operación, en un área contigua superior a 500 has, independientemente de si el requerimiento fuese hecho en forma individual, colectiva o por parte de una agroindustria.

La Ley Brasileña define, detalla y regula además una serie de elementos complementarios vinculados con: el responsable de la quema, el requerimiento de autorización, la supervisión de la quema, los protocolos de quema, la participación y responsabilidad de los órganos públicos implicados, las penalidades aplicables y las Disposiciones Transitorias. Esta legislación es como se nota muy restrictiva y bastante completa, además de ser muy reciente y moderna por haberse aprobado en el año 2002.

## CONCLUSIÓN

Se infiere de todo lo consultado a nivel internacional, que las regulaciones legales existentes a la quema de la caña han sido introducidas fundamentalmente por la presión ejercida por los grupos ecologistas y ambientalistas, los enemigos del sector azucarero y alcoholero, el desarrollo urbanístico, las imposiciones legales en materia de salud y ambiente y, también por la fuerza de las acciones judiciales presentadas en nombre de la sociedad en contra de las quemadas, etc.; más que por la propia voluntad y posibilidad del productor o el cortador de caña de eliminarla o reducirla, el cual nota sin embargo, que rápida y sistemáticamente su trabajo es sustituido por la eficacia de las máquinas cosechadoras que cada vez posibilitan más la cosecha en verde.

Queda demostrado con la revisión de literatura y consultas realizadas, que no existen en realidad países ni agroindustrias que no quemar sus plantaciones de caña de azúcar del todo (100%) para realizar su cosecha, como argumentan algunos defensores de la no quema. Más bien lo que acontece y es posible encontrar, es una acción regulatoria en grado variable, nunca prohibitiva,

donde la quema se ha reducido significativamente y casi minimizado, como acontece en países como Cuba, Australia y algunas localidades de Brasil (Centro-Sur), para lo cual deben darse sin embargo condiciones especiales particulares, como son:

- 1) Disponer de capacidad, condiciones (edáficas, topográficas, ambientales, de manejo y financieras) e infraestructura para realizar la cosecha mecánica.
- 2) Contar con tecnología agroindustrial consolidada para operar un sistema de cosecha en verde de plantaciones.
- 3) Asumir una posible pérdida de rentabilidad y competitividad de la actividad productiva por incremento de los costos relativos.
- 4) Disponer de suficiente mano de obra calificada para realizar la cosecha manual en verde, o en su caso, de equipos mecánicos de cosecha aptos para la corta en esas condiciones.
- 5) Contar con un Marco Jurídico acondicionado para reconocer, aceptar, promover y estimular un sistema productivo de esa naturaleza.

En realidad como se comentó con anterioridad, el asunto de quemar o no las plantaciones comerciales de caña de azúcar para realizar su cosecha, está determinado y en un alto grado polarizado entre lo que podría estimarse como facilidades y posibilidades, pues no es sólo cuestión de querer dejar de quemar sino fundamentalmente el poder hacerlo en un entorno altamente competitivo como el actual, sin sufrir los embates y las consecuencias de pérdida de rentabilidad y competitividad que lo saquen del mercado.

## LITERATURA CONSULTADA

1. Angulo M., A.; Chaves, M.A. 2000. Efecto de la Quema y la Época de Cosecha Sobre los Rendimientos Agroindustriales de Cinco Clones de Caña de Azúcar en Cañas, Guanacaste. Promedio de Tres Cosechas. *En*: Congreso ATALAC, 5, ATACA, 13 y ATACORI, 14, San José, Costa Rica, 2000. Memoria. San José, ATALAC/ATACA/ATACORI, setiembre. p: 44-45.
2. Arnal, J.I. 1976. Problemática de la Quema de Caña. *En*: Seminario Internacional sobre Mecanización de la Cosecha de Caña de Azúcar, Maracay, Venezuela, 1976. Memorias. Caracas, Distribuidora Venezolana de Azúcares, setiembre. p: 23-34.
3. Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia. 1990? Las Quemadas de Caña de Azúcar. Cali, ASOCAÑA, plegable 6 p.
4. Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia. 1990. *En*: ASOCAÑA. Libro Blanco de las Quemadas. Cali, Colombia, ASOCAÑA. p: 1-6.
5. Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia. 1999?. Manual de Procedimiento Para Efectuar una Quema. Cosecha y Postcosecha. Cali, Colombia, ASOCAÑA. 16 p.
6. Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia. 1999? Plan de Contingencia Para Efectuar en Caso de Incendio. Cali, Colombia, ASOCAÑA. 7 p.
7. Barquero, M. 2002. Sala IV Apoyó Recurso. Cañeros Temen un Fuerte Golpe por Fallo Ambiental. Ordenan no quemar sembradíos y mejorar lagunas. Periódico La Nación, Sección Economía, martes 13 de agosto del 2002. p: 24A.
8. Baxter, S.W.D. 1980. El Corte Mecánico de la Caña Verde. Sugar y Azúcar, agosto 73 (8): 63-65, 80.
9. Bermúdez Loría, A.Z. 1997. Agricultura Orgánica: Otra Opción Viable Para el Agricultor Costarricense. *En*: Congreso de ATACORI "Roberto Mayorga C.", 11, San Carlos, Costa Rica, 1997. Memoria. San José, ATACORI. Tomo II. p: 86-98.
10. Bermúdez Loría, A.Z. 1998. La Certificación de Productos Orgánicos: El Caso del Azúcar de Caña. *En*: Congreso de ATACORI, 12, Guanacaste, Costa Rica, 1998. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 62-68.
11. Bandy, D.; Garrity, D.P.; Sánchez, P. 1994. El Problema Mundial de la Agricultura de Tala y Quema. Agroforestería en las Américas, julio-setiembre. p: 14-20.
12. Bonilla Durán, A. 2003. El Sector Productivo y el Ambiente. *En*: Congreso de ATACORI "José Luis Corrales Rodríguez", 15, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 91-100.
13. Brasil. Ley N° 11.241. Publicada en el Diario Oficial del Estado de São Paulo, Volumen 112, Número 180 del 19 de setiembre del 2002. <http://www.imprensaoficial.com.br>.
14. Cabal Cabal, J.P. 1990. El Impacto Económico de la No Quema de Caña y Residuos de Cosecha. *En*: ASOCAÑA. Libro Blanco de las Quemadas. Cali, Colombia, ASOCAÑA. p: 1-21.
15. Calero, C.X. 1999. ¿Por Qué se Quema la Caña de Azúcar? Azúcar Notas (Colombia), setiembre 9 (29): 6-7.
16. Calero, C.X. 2000. Manejo Automatizado de Quemadas de Caña en la Industria Azucarera Colombiana. *En*: Congreso ATALAC, 5, ATACA, 13 y ATACORI, 14, San José, Costa Rica, 2000. Memoria. San José, ATALAC/ATACA/ATACORI, setiembre. p: 146-151.
17. Calero, C.X. 2000. Reglamentaciones Vigentes Para Realizar Quemadas de Caña de Azúcar. Cali, Colombia, Carta Trimestral CENICAÑA.
18. CENICAÑA. 1995. El Cultivo de la Caña en la Zona Azucarera de Colombia. Cali, Colombia. 412 p.
19. CENICAÑA. 2001. Consideraciones Para Realizar Quemadas y Requemadas en Lugares Permitidos. CENICAÑA, Cali, Colombia, Carta Trimestral 23 (2): 35.
20. Comisión de Texas Para la Conservación de los Recursos Naturales (TNRCC). 2000. Quemar al Aire en Texas. División de Operaciones de Campo, Texas, EUA, noviembre. 27 p.
21. Controlled Burning Minimises Air Pollution. 1997. The South African Sugar Journal, november. 81(10): 638.
22. COLOMBIA. 1996. CONVENIO DE CONCERTACION PARA UNA PRODUCCION LIMPIA CON EL SECTOR AZUCARERO. Santa Fe de Bogotá, Ministerio del Medio Ambiente. 21 p.
23. Cordovés Herrera, M. 2000. La Producción Orgánica: Característi-

- cas y Perspectivas. *En*: Congreso ATALAC, 5, ATACA, 13 y ATACORI, 14, San José, Costa Rica, 2000. Memoria. San José, ATALAC/ATACA/ATACORI, setiembre. p: 174-177.
24. Cortés Betancourt, E. sf. Evolución de la Legislación Ambiental Relacionada con la Quema de Caña de Azúcar. CENICAÑA. Documento de Trabajo. 4 p.
  25. Cortés Betancourt, E. 1997. Cuatro Años de Operación de la Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano. Cali, CENICAÑA. 3 p. (Documento de Trabajo, N° 351).
  26. Cortés Betancourt, E.; Rodríguez P, H. 1997. Evaluación del Proyecto Piloto para el Manejo de Quemadas de Caña de Azúcar en el Área de Palmira, el Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón y Rozo. Cali, CENICAÑA. 11 p. (Documento de Trabajo, N° 351).
  27. Cortés Betancourt, E. 1998. Legislación Ambiental sobre Quemadas de la Caña de Azúcar. Cali, Colombia, Carta Trimestral I, CENICAÑA 20 (1): 28-30.
  28. Cortés Betancourt, E. 2000. La Meteorología al Manejo de las Quemadas de Caña de Azúcar en el Valle Geográfico de Río Cauca-Colombia. *En*: Congreso ATALAC, 5, ATACA, 13 y ATACORI, 14, San José, Costa Rica, 2000. Memoria. San José, ATALAC/ATACA/ATACORI, setiembre. p: 165, 166.
  29. Cortés Betancourt, E. 2000. Cuatro Años de la Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano. *En*: Congreso ATALAC, 5, ATACA, 13 y ATACORI, 14, San José, Costa Rica, 2000. Memoria. San José, ATALAC/ATACA/ATACORI, setiembre. p: 167.
  30. Cortés Betancourt, E. 2000. La Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano. *En*: Congreso ATALAC, 5, ATACA, 13 y ATACORI, 14, San José, Costa Rica, 2000. Memoria. San José, ATALAC/ATACA/ATACORI, setiembre. p: 169-172.
  31. Cortés Betancourt, E. 2003. Comportamiento de la Ceniza (Pavesa) Generada en Quemadas de Caña, Según Datos de Viento Suministrados por una Red Meteorológica Automatizada. *En*: Congreso de ATACORI "José Luis Corrales Rodríguez", 15, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 29-40.
  32. Chaves, M.; Alfaro, R. 1996. La Quema de la Caña de Azúcar en Costa Rica. *En*: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 10, Congreso Nacional de Fitopatología, 3 y Congreso Nacional de Suelos, 2, San José, Costa Rica, 1996. Memoria. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, Asociación de Fitopatología, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo: EUNED, EUNA. Volumen 1. p: 312.
  33. Chaves, M.; Bermúdez, A. 1999a. Factibilidad y Perspectivas Técnicas Para la Producción de Caña y Fabricación de Azúcar Orgánico en Costa Rica. *En*: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 449-452.
  34. Chaves, M.; Bermúdez, A. 1999b. Por una Mayor Conciencia Ambiental en el Sector Azucarero. *En*: Congreso de ATACORI "Randall E. Mora A.", 13, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Volumen 1. p: 274-278.
  35. Chaves S., M. 2001. Variedades de Caña de Azúcar Para la Producción de Azúcar Orgánica. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, octubre. 27 p.
  36. Favero, C. 1998. A Tecnologia do Palito de Fósforo. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. Boletim Informativo, setembro/dezembro 23 (3): 31-33.
  37. Fernandes, A.C. 2001. Colheita de Cana "Crua": Lucro ou Prejuízo? Associação de Técnicos Açucareiros do Brasil (STAB), maio/junho 17 (6): 12.
  38. Fogliata, F.A. 1978. Caña Quemada: una Revisión Sobre su Comportamiento y Características. Tucumán, Argentina, Estación Experimental Agrícola de Tucumán, Boletín N° 128. 32 p.
  39. Gómez Ruiz, A.; García Orozco, J. 1992. Sistema Cubano de Cosecha en Verde. La Habana, INICA. 17 p.
  40. Green Cane Harvest Increasing. 1989. Australian Canegrower, march 11 (5): 20.
  41. Las Consecuencias del Decreto que Prohíbe las Quemadas de Caña de Azúcar en Palmira son Evaluadas por el Gremio Azucarero. Revista SAG (Colombia), marzo 8 (3): 10, 13.
  42. Lynsky, R. 1998. Cane Burning. South African Sugar Journal, November 82 (10): 277-278.
  43. Quemadas Accidentales. 1994. Colombia, PROCAÑA, octubre 6 (5): 1.
  44. Ramos, O.G. 1990. Origen de las Quemadas. *En*: ASOCAÑA. Libro Blanco de las Quemadas. Cali, Colombia, ASOCAÑA. p: 1-15.
  45. Ridge, D.R. 1994. Green Cane Chopper Harvesting in Australia. Sugar Journal, november 57 (6): 8-10.
  46. Rozeff, N. 1979. Sugar Cane Burning in South Texas. International Sugar Journal, october 83 (970): 296-303.
  47. Ruiz, A. 1981. Las Quemadas Como Práctica Agrícola. Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala (ATAGUA), Boletín Oficial, agosto. p: 22, 23, 25-28.
  48. Stupiello, J.P. 1999. Contribuição da Cana Crua-Bis. Sociedade de Técnicos Açucareiros do Brasil (STAB), julho-agosto 17 (6): 20.
  49. Stupiello, J.P. 1999. Horas de Queima. Ora! STAB (Brasil), maio-junho 17 (5): 13.
  50. Trimmer-Smith, Q. 1997. Sugar-Cane Burning Protested. The Tico Times, April 25, 1997. p: 11.
  51. Uribe Rivas, J.C. 1994. ¿Quemar o no Quemar? Colombia, PROCAÑA, noviembre N° 28. p: 10-11.
  52. Uribe Rivas, J.C. 1997. Las Quemadas de Caña. ¿Cuánto Tiempo nos Queda? Colombia, PROCAÑA, junio N° 39. p: 3-4.
  53. Whalen, S.A. 1988. Cane Burning: Environmental and Health Impacts. AIEA, Hawaiian Sugar Planters Association. 12 p.

## QUEMA REGULADA DE PLANTACIONES PARA LA COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA: CONSIDERACIONES LEGALES

Marco Chaves Solera  
mchavez@laica.co.cr

Ana Zita Bermúdez Loría  
anazitab@yahoo.com.mx

### INTRODUCCIÓN

Como acontece con cualquier actividad productiva y económica de amplio interés y participación social, la producción de caña y la fabricación de azúcar están obligadas a cumplir con varias normativas de índole legal que procuran adaptar su ejercicio y desarrollo a los mejores intereses nacionales, expresados estos en varios órdenes y áreas específicas como acontece en el presente caso con la ambiental y de salud pública.

Virtud de la relevancia, importancia y actualidad del tema de las quemas, se hace en el presente artículo una breve revisión histórica del tópico desde la perspectiva jurídica, esperando con ello aportar elementos que amplíen el conocimiento del mismo en procura de favorecer la necesaria conciliación de intereses entre los sectores ambiental y productivo.

### QUEMA VS. INCENDIO FORESTAL

Por su trascendencia, significado y valor interpretativo, resulta prudente y necesario previo a realizar cualquier análisis, inferencia o comentario sobre el tema, proceder a establecer las diferencias que existen conceptual, técnica y jurídicamente entre la "quema de rastrojos, basura y material vegetal" con respecto a los "Incendios Forestales", puesto que la mayoría de las veces se interpretan equivocadamente como lo mismo y en la realidad no lo son desde ninguna de las perspectivas que se analicen.

La Ley Forestal N° 7174 del 28 de junio de 1990 (modificada por Ley N° 7175 del 13 de febrero de 1996) señalaba en el Capítulo II (Artículo 74) que "Se consideran incendios forestales todos aquellos que, natural o

artificialmente, afecten los bosques y terrenos forestales del país regulados por esta Ley". Establecía y definía a su vez el Reglamento de la misma Ley en su Capítulo I (Artículo 2), que "Se entiende por quema la provocada voluntariamente con un plan, incluso en los tratamientos de los despojos de corta, con propósito de limitarla a un área previamente determinada".

El Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española (1992), califica por su parte como incendio, un "Fuego grande que destruye lo que no debería quemarse" La quema corresponde a su vez según esa misma fuente a la "Acción y efecto de quemar o quemarse" y "Abrasar o consumir con fuego".

El Reglamento para Quemadas Controladas con Fines Agrícolas y Pecuarios actualmente vigente (Decreto Ejecutivo N° 23850-MAG-SP del 14/12/94) califica como quema aquel "Fuego provocado intencionalmente, regulado por un plan preestablecido, en el cual se asumen todas las medidas preventivas para evitar daños a los recursos naturales y propiedades colindantes". En referencia a los incendios, el Reglamento indica complementando y ampliando el concepto de la Ley Forestal, que "Se consideran incendios todos aquellos que, natural o artificialmente, afecten bosques, terrenos forestales, terrenos agrícolas o de uso pecuario del país".

La interpretación de los conceptos jurídicos anteriores, independientemente de su origen, permite inferir varios elementos que marcan en la práctica agrícola claramente la diferencia de ambas acciones; pues mientras la **QUEMA** responde a un plan voluntario técnicamente preconcebido, regulado y predeterminado, donde el riesgo se reduce y se tiene por conocido y presuntamente controlado ¿El Qué? ¿El Cómo? ¿El Dónde? ¿El Cuándo? y ¿El Cuánto Material y Área? se van a quemar;

el **INCENDIO** por el contrario no tiene plan, previsión ni control alguno sobre el fuego ni lo que con el se quema, por lo que el factor riesgo es máximo.

La quema como práctica predeterminada e intencionada que es, controla, regula y limita el área por quemarse, permitiendo adoptar oportunamente las medidas preventivas del caso que minimicen o eliminen el riesgo implícito que siempre existe. Los incendios son en la práctica quemas no planificadas, sin ningún control, que implican un alto riesgo y acarrear por lo general grandes daños colaterales por quemar lo que no debe ni estaba previsto quemarse.

## REGULACIONES LEGALES

En una excelente revisión jurídica realizada recientemente por el Lic. Randall García Golcher (García, 2003), sobre las disposiciones legales adoptadas en el país sobre el tema de la quema, se encontró sorpresivamente que hay aún vigente una legislación bastante antigua denominada **Ley de Quemados N° 121** del 26 de octubre de 1909, reformada por la N° 27 del 28 de junio de 1922 y posteriormente por la N° 253 del 21 de agosto de 1933, nombrada **Ley de Cercas Divisorias y Quemados**.

Dicha legislación es como se anota en su Artículo 5, prohibitiva en cuanto a la realización sin autorización de las quemados o quemados como las denomina, en los campos; sin embargo, avala la ejecución de la práctica cuando hay permiso previo de la Autoridad Política Local, aclarando que éste se *"concederá sólo cuando se trate de desmontes para habilitar terrenos con fines agrícolas, y siempre que se observen las disposiciones de los Artículos 1°, 3° y 4° de la Ley N° 23 del 20 de junio de 1854..."*.

Fundamentalmente el contenido de esos tres Artículos de la legislación (**Decreto N° 23** del 20 de junio) de 1854, establece textualmente lo siguiente:

**Artículo 1:** Cualquier persona que haya de dar fuego en un terreno contiguo a otros que estén sembrados o plantados de algún artículo de agricultura, debe abrir una ronda de cincuenta varas de ancho desde la cerca medianera, cuya ronda ha de barrerse antes de dar fuego al terreno.

**Artículo 3:** El que practique la quema es obligado a no hacerlo en día de viento, y además a preparar agua, si hubiese comodidad, para apagar el incendio en caso de que por una desgracia se comunicase a las sementeras inmediatas, teniendo también la obligación de no retirarse del terreno hasta que en todo él quede bien apagado el fuego.

**Artículo 4:** En los terrenos donde los encierros inmediatos son de pastos, la ronda que debe abrirse y barrerse para dar fuego ha de ser de veinticinco varas de ancho desde la cerca medianera, observándose en lo

demás lo prevenido en los artículos anteriores.

Se agregan a esos tres artículos, complementariamente también otras previsiones y condicionantes para emitir el permiso de quema señalado por el Artículo 5 de la Ley N° 121 de 1909 y sus Reformas; entre las cuales están:

- a) Exigir las garantías y precauciones convenientes para evitar mayor destrucción que la que se pretende y todo perjuicio de terceros;
- b) Notificación personal o por medio de cédula de la autoridad a todos los colindantes o interesados, de día y hora a que deba darse el fuego, hecha con anticipación de dos días por lo menos. No se permitirá dar fuego en los campos a menos de cuatrocientos metros sobre los manantiales que nazcan en los cerros.

Tampoco se autorizará el fuego de los campos situados a menos de doscientos metros del radio de los manantiales que nazcan en terrenos planos.

En todo caso, el que hiciere quemados debe pagar los daños y perjuicios que a causa del fuego se ocasionen. Se presume autor de la quemazón el propietario, poseedor o arrendatario del terreno que en la época del fuego estaba preparado para ese objeto. Toda persona tiene derecho de denunciar la infracción de las disposiciones de este artículo, y la autoridad, oyendo al dueño del fundo, puede suspender provisoriamente la autorización concedida.

El que infringiere lo dispuesto en este artículo sufrirá la pena de cincuenta a cien colones de multa, aunque no mediare dolo, que si lo hubiere, se estará a lo que dispone el Código Penal.

Comenta el dilecto Lic. García Golcher en referencia a esas legislaciones, que *"Puede observarse que la regulación establecida es sumamente amplia, por cuanto prohíbe toda quemazón en los campos, con la única excepción de aquella de desmontes para habilitar terrenos con fines agrícolas."*

En Costa Rica la quema está en la actualidad ordenada y regulada por medio de un Decreto Ejecutivo que controla la práctica, no exclusivamente para la caña de azúcar sino para todas las actividades agrícolas y pecuarias en general. Resulta necesario reiterar nuevamente respecto a la diferencia que existe entre quema e incendio forestal, lo que fue oportunamente comentado al inicio del presente documento.

## DECRETO EJECUTIVO N° 23850-MAG-SP

En su esencia el Decreto Ejecutivo N° 23850-MAG-SP aún vigente, denominado **"Reglamento para Quemados"**

**Controladas con Fines Agrícolas y Pecuarios**”, suscrito el 04 de noviembre de 1994 y publicado en El Diario Oficial La Gaceta N° 237 del 14 de diciembre del mismo año, establece en el contenido de sus 12 Artículos lo siguiente:

**Artículo 1:** Define conceptualmente lo que es Quema, Incendio, Terrenos Agrícolas y Pecuarios, Permiso, Materiales Combustibles y Ronda Cortafuego.

**Artículo 2:** Señala la prohibición de realizar quemas en terrenos agrícolas y pecuarios que no cuenten con la autorización escrita otorgada por el MAG o que contraengan las indicaciones de la misma.

**Artículo 3:** Establece que para otorgar el permiso, el funcionario competente del MAG deberá visitar previamente el lugar de la quema, determinando su capacidad de uso y la existencia de los requisitos (incisos a, b y c) del Artículo 6 del Decreto. Señala que de haber capacidad de uso agrícola o pecuario y satisfaciendo las medidas solicitadas, la autoridad otorgará el permiso, y de ser procedente, las medidas adicionales (incisos d, e y f) que deberán adoptarse al momento de realizar la quema. El Decreto Ejecutivo N° 29375-MAG-MINAE-S-HACIENDA-MOPT del año 2000, define y conceptualiza como “Capacidad de Uso de la Tierra”, “...el grado óptimo de aprovechamiento que posee un área de terreno determinada, con base en la calificación de sus limitantes para producir cultivos en forma sostenida y por periodos prolongados”.

**Artículo 4:** Las Oficinas del MAG deberán enviar copia de todos los permisos para quemas que otorguen a las Direcciones Policiales de las distintas jurisdicciones.

**Artículo 5:** Los funcionarios Policiales y del MAG podrán fiscalizar la realización de las quemas visitando el lugar, determinando el cumplimiento o incumplimiento de las condiciones o requisitos indicados en el permiso. De existir incumplimiento, harán las advertencias del caso al propietario, levantarán un acta y presentarán la denuncia judicial correspondiente.

**Artículo 6:** Para quemar, el propietario o poseedor del terreno debe cumplir las siguientes indicaciones:

- a. Determinar mediante rondas cortafuegos, el área a quemar y los materiales combustibles que se estarán quemando.
- b. Abrir y hacer una ronda cortafuego en el perímetro del área por quemar, que mida el doble del alto del material combustible que se quemará, la cual no podrá ser menor de un metro de ancho.
- c. Preparar agua suficiente y herramientas (cuchillo, escoba, rastrillo, etc.) para apagar el fuego en caso de emergencia.

La autoridad podría además indicar otras medidas adicionales que estime convenientes al momento de realizar la quema, dependiendo de las características

propias de cada zona, entre las cuales están:

- d. Dar aviso a la Dirección Policial del lugar, sobre la fecha y hora de realización de la quema.
- e. Hacerse acompañar al menos de una persona al momento de realizar la quema.
- f. Hacer la quema contra viento y contra pendiente, después de las 4:00 p.m y antes de las 7:00 a.m, evitando realizarlas en días de viento.
- g. No retirarse del lugar hasta que el fuego este completamente apagado.

**Artículo 7:** La persona que realice una quema, con o sin permiso, será civilmente responsable de los daños y perjuicios que pudieran ocasionarse, según Artículos 41 y 50 de la Constitución Política y demás reglas que rigen nuestro Ordenamiento Jurídico.

**Artículo 8:** Para evitar incendios, todos los propietarios de terrenos deberán limpiar el frente de la calle y las orillas de caminos, como lo establece la Ley General de Caminos Públicos (Artículo 21). No debe utilizarse para tales propósitos la quema durante los meses de la época seca.

**Artículo 9:** El incumplimiento de las disposiciones aquí establecidas será sancionado conforme lo indica el Código Penal (Artículo 403, incisos 1 y 2), excepto si existiera delito mayormente penado por nuestra legislación.

**Artículo 10:** Todos los particulares están obligados a colaborar con las autoridades en la medida de sus posibilidades, cuando éstas soliciten su ayuda para apagar un incendio. Quién sin tener impedimento válido no colaborara, podrá ser acusado de desobediencia a la autoridad, de acuerdo con lo establecido en el Código Penal (Artículo 305).

**Artículo 11:** Con el propósito de atender integralmente la problemática de los incendios, se faculta al Instituto Nacional de Seguros (INS) para que por medio de la estructura del Benemérito Cuerpo de Bomberos, coordine, apoye y ejecute en conjunto con el Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas (MIRENEM), los programas preventivos y operativos necesarios para minimizar los efectos de los incendios forestales.

**Artículo 12:** Rige a partir de su publicación y deroga cualesquiera otras disposiciones que se le opongan.

Comenta el Lic. García Golcher (García, 2003) en relación con el contenido y alcances de este Decreto Ejecutivo y con fundamento en su rica y vasta experiencia jurídica, textualmente lo siguiente:

*“Probablemente debido a las limitaciones de las normas anteriormente citadas, se pretendió llenar el vacío existente mediante el referido Reglamento, sobre el que haremos los siguientes comentarios:*

- a) En primer término las leyes que cita como fundamento: Ley 7174 del 28-6-90 derogada por la N° 7575 del 13-2-96 (Ley Forestal) y la Ley N° 5060 del 22-8-72 (Ley General de Caminos Públicos), no contribuyen sustancialmente a la justificación de la expresada normativa, al menos en la forma en que está concebida. Por otro lado, se ignora la existencia de la Ley N° 121 de 26-10-09, con el resultado de crear disposiciones que se contraponen a ella.
- b) La exigencia de contar con autorización escrita de la oficina respectiva del MAG, para hacer quemas en terrenos agrícolas, resulta de muy difícil cumplimiento, para un importante sector de los agricultores, y más difícil aún de cumplir, es la obligación prescrita en el numeral 3, que obliga, para otorgarse el permiso, la visita previa del lugar por parte del funcionario competente del expresado Ministerio.
- c) La exigencia de preparar agua suficiente para apagar el fuego, en caso de emergencia (inciso c) del artículo 6), carece de sentido, por cuanto no se trata simplemente de acumular agua, si es que la hubiera, sino de tener los elementos para que pueda hacerse llegar al lugar requerido, lo cual es imposible o sumamente difícil de cumplir para la mayor parte de agricultores. Dicha exigencia ya la contenía el numeral 3) de la Ley de 1854, pero en forma más sabia, porque condicionaba la preparación del agua, a que hubiera comodidad para hacerlo.
- d) La obligatoriedad de dar aviso previo a la Dirección Policial del lugar, de la fecha y hora en que se realizará la quema (inciso d) del artículo 6), no creemos que en la práctica tenga efecto alguno.
- e) El inciso g) del artículo 6, recoge la obligación plasmada en la Ley de 1854, de no retirarse del lugar hasta que el fuego quede completamente apagado, desconociendo que en muchos casos el propietario o poseedor, no podrá cumplirla personalmente, sin permitir la posibilidad de que se haga mediante sus empleados o dependientes."

Dicho Decreto Ejecutivo es complementado como se anotó al inicio, con lo que establece la **Ley Forestal N° 7575** del 13 de febrero de 1996 en materia de Incendios Forestales, aunque por razones de jurisdicción y especialización su ámbito de acción y cobertura está restringido y limitado a la materia forestal.

Revisando, interpretando y relacionando las legislaciones de quema existentes (recientes, antiguas, vigentes o no), se infiere la necesidad de actualizarlas, contextualizarlas y adaptarlas a la situación de la

agricultura actual, particularmente la de la caña de azúcar, uno de los únicos cultivos que emplea y ha utilizado históricamente esa práctica para realizar la cosecha y recolección de sus productos en el campo; aspecto que no puede ni debe pasar desapercibido al analizarla y regularla legalmente.

### **¿Qué Legislación Requiere la Agroindustria Nacional?**

Resulta presuntuoso y hasta algo irresponsable pretender en tan corto espacio y de manera unilateral, definir los elementos y consideraciones que debe contener una legislación de quema viable y aplicable a las condiciones particulares de la agroindustria azucarera costarricense; sin embargo, en virtud de que el tema a sido ampliamente discutido en forma interdisciplinaria y es bien conocido en sus motivos, necesidades, efectos y consecuencias, puede pretender contribuirse con aportar algunas consideraciones personales al respecto.

- 1) Cualquier legislación en esta materia debe en principio ser equilibrada, mesurada, objetiva y muy realista; de manera que pondere en su contenido todos los elementos que intervienen: ambientales, productivos, económicos, laborales, sociales, tecnológicos y de salud pública.
- 2) El principio orientador de la legislación debe ser regulatorio y previsorio, y no de corte enteramente prohibitivo; aunque pudiera contener como toda legislación, medidas de esa naturaleza y también sancionatorias para asuntos especiales y de incuestionable beneficio social general. Es importante que se den los tiempos, apoyos y facilidades necesarias para la transición del proceso.
- 3) Las medidas regulatorias que establezca deben ser pragmáticas y viables de ejecutar, y no simples buenas intenciones teóricas y deseables poco aplicables en la realidad productiva actual.
- 4) Debe considerar las particularidades excepcionales que presentan algunas regiones y sistemas productivos, por lo que debe ser genérica, flexible y amplia en algunos aspectos.
- 5) El contenido debe ser específico y riguroso especialmente en las medidas de carácter previsorio, procurando su aplicación en beneficio de todos. Debe evitarse que el irrespeto de lo normado e irresponsabilidad de algunos pocos perjudique injustamente a todo el sector con rigurosas medidas impositivas.

- 6) Deben considerarse regulaciones que contemplen elementos especiales realmente importantes como aeropuertos, fuentes acuíferas, poblaciones, líneas de conducción eléctrica, plantaciones forestales, caminos y carreteras, entre otros, y no elementos poco relevantes.
- 7) La información, la capacitación, la educación y el adiestramiento permanente de los agricultores y principalmente los responsables de efectuar la cosecha de las plantaciones de caña de azúcar sobre técnicas, regulaciones y controles preventivos y emergentes de quema, deben formar parte de las obligaciones institucionales de los órganos competentes y vinculados directa o indirectamente con la práctica (Ingenios, LAICA, MAG, MINAE, MSP, INS).
- 8) La legislación debe orientar, promocionar, favorecer, estimular, apoyar y premiar la no quema y eliminación de la práctica en el tiempo, lo cual debe sin embargo realizarse de manera concertada y articulada entre las partes involucradas, de manera no confrontativa ni impactante, sin definición de tiempos de cumplimiento y de forma muy consecuente y realista con las particularidades intrínsecas de la agroindustria cañera.
- 9) Es fundamental tener presente y considerar las grandes limitaciones e impedimento que un sector importante de productores mantiene, para poder eliminar la quema como práctica agrícola de cosecha en sus plantaciones; esto por motivos económicos, topográficos, laborales y de competitividad. Sencillamente muchos de ellos no podrían soportar una prohibición a quemar.
- 10) Es muy importante que los órganos del Estado reconozcan y apoyen el enorme esfuerzo que la agroindustria azucarera nacional viene de manera unificada sistemáticamente realizando en procura de minimizar la práctica de quemar las plantaciones de caña para su cosecha, lo que se realiza a un altísimo costo sacrificando productividad, calidad, elevando costos y realizando onerosas inversiones, todo lo cual limita la competitividad.

## LITERATURA CONSULTADA

1. COSTA RICA. 2004. Ley Forestal N° 7575 y su Reglamento. 6ta. ed. San José, Costa Rica: Editorial Investigaciones Jurídicas S.A., marzo del 2004. 127 p.
2. COSTA RICA. 2002. Ley General de Salud. 3era. ed. San José, Costa Rica: Editorial Investigaciones Jurídicas S.A., enero del 2002. 130 p.
3. COSTA RICA. 2000. Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos. Decreto Ejecutivo N° 29375-MAG-MINAE-S-HACIENDA-MOPT, dado el 08 de agosto del 2000.
4. COSTA RICA. 1998. Ley N° 7779 de Uso, Manejo y Conservación de Suelos, dada el 23 de abril de 1998.
5. COSTA RICA. 1995. Ley Orgánica del Ambiente N° 7554 del 04 de octubre de 1995. 1ª ed. San José, CR: Editorial Investigaciones Jurídicas S.A., 1996. 130 p.
6. COSTA RICA. 1994. Reglamento Para Quemadas Controladas con Fines Agrícolas y Pecuarias. Decreto Ejecutivo N° 23850-MAG-SP, dado el 04 de noviembre y publicado el 14 de diciembre de 1994, en el Diario Oficial La Gaceta N° 237. p: 29, 30.
7. COSTA RICA. 1990. Ley Forestal N° 7574, dada el 28 de junio de 1990 y su Reglamento. En: Código Ecológico. Comp., selección y actualización Ricardo Zeledón. 1.ed. San José: Porvenir: CECADE, 1992. p: 201-270.
8. García Golcher, R. 2003. El Caso del Reglamento Para Quemadas Controladas Para Fines Agrícolas y Pecuarias. San José, Costa Rica, FE-DECAÑA, elaborado el 02 de octubre del 2003. 12 p.

# EFFECTOS AMBIENTALES Y PARA LA SALUD HUMANA, DE LAS QUEMAS EN EL CULTIVO DE LA CAÑA. NORMATIVA VIGENTE EN COSTA RICA

Federico Paredes Valverde, M.Sc

federico.paredes@costarricense.cr

Apdo. 414-2350 S. F. Dos Ríos, San José. Ute-Minsa (506) 255-3711

Proceso de Acreditación e Investigación, Unidad Técnica Especializada  
Dirección de Protección al Ambiente Humano, MINISTERIO DE SALUD

## 1. INTRODUCCIÓN

Costa Rica ha tenido por muchísimos años un alto grado de desarrollo desde el punto de vista agrícola. Ha descollado en la cañicultura, en la producción bananera, exportación de follajes y flores, y muchos otros cultivos, tradicionales y no-tradicionales. También por mucho tiempo fue autosuficiente en la gestión agroalimentaria. Los dendrólogos, sin embargo, han dicho que la vocación geográfica de este país apunta más a la selvicultura o actividad de producción maderera que a la agroganadera propiamente dicha.

Toda la apología de que éste era un país forestal, fue hecha allá por la década de los setenta y desembocó en la creación de carreras forestales tanto en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, como en la Universidad Nacional en Heredia, y si bien los esfuerzos desplegados por los ingenieros forestales dentro de su campo han sido técnicamente buenos, no se ha logrado alcanzar la expectativa creada para un país que es más de un 60% de vocación forestal.

Con todo y los esfuerzos hechos por el Estado y la empresa privada en el campo forestal, lo cierto es que la selvicultura no ha podido superar a la actividad agrícola o ganadera. Quizás por los largos plazos que el finquero debe de esperar para hacer sus cosechas de madera de los bosques, cuando lo que desea es obtener ganancias en el plazo inmediato.

Contra la siembra de árboles maderables surgió la oferta de productos no tradicionales y de aceptable mercado en Europa o América del Norte: ipecacuana ("raicilla"), pimienta negra, canela, plantas ornamentales de interiores o aun, frutas como el melón, la piña o los cítricos.

La caña de azúcar ha sido un cultivo tradicional en este país, que ha permitido no sólo suplir el mercado interno sino que exportar a terceros mercados. Es, como sabemos, un cultivo de alta laboriosidad, tanto desde el punto de vista mecánico como de empleo de mano de obra directamente en el campo.

## 2. LA QUEMA AGRÍCOLA COMO FACTOR CONTAMINANTE

Gerardo Budowski, destacado dendrólogo y ecólogo dice en su libro *La conservación como instrumento para el desarrollo* que hay que distinguir claramente entre una **quema** y un **incendio forestal**. De esta forma, el Dr. Budowski señala que "...los incendios forestales en muchas partes del Planeta son provocados por rayos (descargas eléctricas naturales)..." en tanto que "...las quemaduras anuales, tal como se practican actualmente, reducen considerablemente los riesgos de incendios producidos por rayos." Estas quemaduras anuales a las que refiere este naturalista, no son otra cosa que las quemaduras manejadas por los finqueros en sus labores agrícolas y que él le abona un factor positivo al prevenir los incendios forestales.

El pequeño agricultor, tradicionalmente ha usado la quema como un elemento coadyuvante en sus faenas agrícolas en la medida en que: a] Elimina rastrojos por medio de la combustión, b] Aleja fauna nociva (serpientes, alacranes, roedores) de sus cultivos, y c] Acelera el proceso de reincorporación de minerales a la capa orgánica del suelo. Lo que le "ha costado entender" o nadie se lo ha dicho, es que las quemaduras, al ser un proceso de combustión, liberan CO<sub>2</sub>, vapor de agua y otra serie de gases, dependiendo de la materia que se esté

incinerando y que contribuyen –en la fotografía global de este escenario- a la contaminación atmosférica.

Nuestros países centroamericanos y del Caribe, al tener dos estaciones claramente marcadas, la lluviosa y la seca, se restringen a unos 4 o 5 meses del año para efectuar sus quemas agrícolas. Al campesino nuestro le encanta quemar... cree quizás, por influencia ancestral, que el fuego sigue siendo un elemento purificador, no importa si se trata de quemar la basura doméstica de la semana, o si es parte de sus actividades culturales en el campo. "El viento se encargará de disipar todo ese humo" es tal vez parte de su pensamiento cuando hace una quema, sin pensar que muchos de estos elementos volátiles subirán hasta capas de la atmósfera en donde interactuarán de manera no muy grata con otros elementos.

### 3. QUEMAS EN CAÑAVERALES: ¿UN MAL NECESARIO?

Hemos mencionado líneas atrás, que la práctica de quemar rastrojos, material orgánico vegetal o aplicar esta costumbre en un proceso de limpieza de los campos, ha sido una constante en el ambiente campesino de nuestros pueblos. El agricultor ha encontrado un aliado en la quema, al poderse deshacer de restos vegetales incómodos de trasladar a otros sitios o simplemente de aligerar la limpieza de un campo determinado para preparar el terreno con miras a su próxima cultivo.

Los ecologistas han adversado frontalmente esta práctica aduciendo que representa un factor contaminante incuestionable.

En el caso de los cultivos de caña, la molesta hoja de esta gramínea, con sus bordes dentados y filosos, representa de por sí, un incómodo elemento para ser manejado dentro de la actividad de la zafra. En nuestros países, si bien es cierto que se ha introducido la mecanización de la cosecha, no es algo que esté generalizado y se sigue requiriendo de la mano de obra campesina para la correspondiente corta de la caña. Forrarse los brazos para evitar las laceraciones de las hojas de *Saccharum* no es como muy cómodo, máxime las altas temperaturas del día de estos climas tropicales cuando se hace la zafra.

La quema de los cañaverales viene a ser entonces, la práctica complementaria necesaria para poder cosechar la caña de azúcar y dejar al descubierto los tallos de esta gramínea azucarera.

La incorporación de materia mineral, producto de la quema de las partes vegetales de los cañaverales, es otra de las ventajas que los cañeros le abonan a esta práctica. La quema resulta ser algo muy superficial, que no daña las capas intermedias y mucho menos profundas, del suelo de los cañaverales, aunque los microbiólogos

del suelo afirmen que sí hay daño a la micro fauna de estos sitios.

El punto crítico de la utilización de la quema en cañaverales es cuándo hacerla, cómo hacerla y cuáles medidas tomar en caso de una emergencia.

### 4- MEDIDAS PREVENTIVAS PARA PROTEGER LA SALUD HUMANA.

El aire es un elemento indispensable para la vida (humana y no- humana). Podemos estar un día o quizás más sin tomar agua o ingerir alimentos, pero no más de 3 o 4 minutos sin respirar. La preocupación por proteger la calidad del aire, sin embargo, debe de ir más allá que la necesidad de ser un adecuado suministro para las personas, sino que debe de propender hacia la preservación de su pureza dentro de razonables límites de manera que no alteren el normal desarrollo de los seres vivos en la biosfera, ni atenten contra el patrimonio natural ni arquitectónico de la humanidad.

Todos hemos escuchado sobre los efectos deletéreos de la lluvia ácida sobre los monumentos históricos y sobre edificios y esculturas centenarias.

El Reglamento sobre Inmisión de Contaminantes Atmosféricos (DE 30221-S) del 21 de marzo de 2002 señala que:

*“..el potencial de contaminación atmosférica que pueden generar las emisiones producidas por las actividades industriales, comerciales y de servicios, justifica la adopción de medidas de vigilancia y control más estrictas sobre la calidad del aire, niveles de emisión de sustancias contaminantes, calidad de los combustibles y carburantes utilizados, fabricados, reparación y homologación de motores, transformación de energía y otras fuentes fijas y móviles de emisión de contaminantes.”*

Aunque en este instrumento jurídico no se explicita el aporte de las quemas agrícolas al problema de la contaminación atmosférica, se puede inferir que el agro no está exento de responsabilidad en esta materia.

Los ministerios de Salud, Ambiente y Energía y Agricultura y Ganadería han estado trabajando de manera conjunta para actualizar el Reglamento para las Quemadas Controladas con fines agrícolas y pecuarios (DE-23850-MAG-S), y por ejemplo, en el artículo 2 de este instrumento se señala que no se pueden hacer quemas en terrenos agrícolas o pecuarios sin contar con el correspondiente permiso de la oficina regional del MAG. Es este Ministerio el que tiene el mayor peso en el control de que las quemas agrícolas se realicen bajo estándares correctos y previamente determinados.

En el área de la protección de la salud humana, el Ministerio de Salud actuará como fiscalizador de que tales prácticas no pongan en riesgo la salud de las personas; lo propio hará el Ministerio de Ambiente y Energía con la protección de los ecosistemas aledaños.

## 5- KYOTO, CAPA DE OZONO Y LOS ACUERDOS INTERNACIONALES

En un sentido amplio, la protección de la atmósfera es una responsabilidad de todos los habitantes de este Planeta: Gobiernos, sociedad civil, sectores productivos.

Es una labor compleja y multidimensional, al punto que las Naciones Unidas, en diferentes momentos, ha propiciado la firma y ratificación de acuerdos y convenios relativos a este tema.

Si revisamos rápidamente esta acción, veremos que en 1985 se firmó el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono; dos años más tarde, en la ciudad canadiense de Montreal se puso en marcha el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono y en forma más amplia, allá por 1997, se firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en la ciudad japonesa de Kyoto.

Como ocurre con otros instrumentos jurídicos internacionales, éstos son de aplicación general en cualquier país que haya firmado y ratificado los mismos, pero su aplicación en sí no es obligatoria, aunque estén por encima de leyes nacionales pero no por encima de la Constitución de la República. En alguna medida, el hecho de que se les llame "Convenciones Marco" es porque se constituyen en "Marcos" de referencia legal para poder actuar en diversos campos.

La importancia de este tema es de tal magnitud que una de las áreas programáticas de la Cumbre de la Tierra (Río, 1992) resalta la necesidad de contar con investigación relacionada con los procesos naturales que afectan a la atmósfera y se ven afectados por ésta, así como los vínculos críticos entre el desarrollo sostenible y los cambios atmosféricos, incluidos los efectos sobre la salud de las personas, los ecosistemas, la actividad económica y la sociedad en general.

Se ha perseguido contar con información de primera mano sobre los cambios del clima, mediante la cobertura geográfica equilibrada del Sistema Mundial de Observación del Cima y sus componentes, incluida la Vigilancia de la Atmósfera Global, con el uso o puesta en marcha de estaciones de vigilancia sistemática de las masas atmosféricas del Planeta.

Ahora bien, ¿Qué tiene que ver todo esto con la quema de unos cuantos cañaverales? Mucho. En un efecto de sumatoria, la suma de las partes, da un todo. Ese todo corresponde a la atmósfera de este Planeta.. Si se suman

las quemas tristemente célebres de la Amazonia, de África o de muchos de los países asiáticos, e inclusive de América del Norte, la fotografía será deprimente.

El tan publicitado "efecto invernadero", que no es otra cosa que el mismo sentimiento de entrar en un auto estacionado al aire libre en un caluroso día, al cual dejamos con las ventanas cerradas y percibimos el tremendo bochorno o calor que éste atrapó de la energía solar, es el que está provocando el cambio climático, como un efecto global de la Tierra. La gente suele decir: "Tan fresquito que era San José antes, hasta se vestía mejor la gente, más abrigada!" Es cierto, nuestra capital era más fresca y las temperaturas promedio eran similares a las de la época navideña de diciembre, cuando hace un frío encantador. No es que se haya deforestado más, cosa que puede ser parcialmente cierto, es que el cambio de la temperatura global está presente en todas partes y nuestro país no podía ser la excepción.

Los profesionales en química han determinado que hay peligro de liberación de dioxinas y furanos, productos potencialmente cancerígenos, cuando en las quemas se incineran polímeros que contengan cloro (Cl) en la molécula, o cloro libre, por lo cual es recomendable no quemar este tipo de productos.

En honor a la verdad, tenemos que ser justos y no achacarle sólo a las prácticas agrícolas como las quemas o los incendios controlados, este efecto de cambio climático. Las usinas, fábricas de carbón, industrias de chimenea, los millones de automóviles que circulan por las carreteras del mundo movidos no precisamente por gas sino por combustibles fósiles, la red de aeronavegación comercial y otros similares, son co-responsables de este cuadro deprimente y preocupante.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hay procesos productivos que no pueden prescindir de la incineración, por ejemplo, una fábrica de cemento, o de carbón, o una refinería. Otros procesos requieren de las quemas como parte de su fase productiva, podríamos decir que es el caso de la actividad cañera. Si no se puede eliminar esta práctica, porque así lo determina la investigación y la experiencia acumulada, lo único que resta es incorporar medidas de prevención para mitigar el daño ambiental y reducir el peligro inherente a la salud humana. Toda actividad con fuego implica serios riesgos para las personas, especialmente para las que están en mayor contacto con ésta, por lo cual es preciso reforzar la capacitación o entrenamiento de los encargados de manejar las quemas, así como de atender de la mejor manera las posibles emergencias que estos hechos pudieran generar.

Dirección del viento, horas del día para realizarlas y rondas protectivas, entre otras medidas, pueden asegurar que las quemas se realicen de manera eficiente y dentro de los mejores márgenes de seguridad posible.

Costa Rica seguirá siendo un país agrícola y dependiendo de sus suelos para la agro producción: en la medida en que hagamos el mejor uso de los recursos disponibles y actuemos de manera sensata, los riesgos y daños de todo tipo se verán reducidos considerablemente.

El día que todos los automóviles se muevan por electricidad o por hidrógeno, se acabará la contaminación atmosférica por automotores, principales causantes de la contaminación de ciudades como México D.F. o de Sao Paulo, Brasil, citadas como máximos exponentes de contaminación urbana de nuestro Continente.

## 7. LITERATURA CONSULTADA

1. Budowski, Gerardo. *La conservación como instrumento para el desarrollo*. 1985. San José, Editorial de la Universidad Estatal a Distancia (UNED). pp 201-211.
2. Ministerio de Salud. *Compendio de siete reglamentos. Volumen II* 2004, San José, Costa Rica. pp 25- 39.
3. Naciones Unidas. *CUMBRE DE LA TIERRA. Acuerdos de Río '92* 1995. San José, Costa Rica. Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica (UCR) pp. 145-147.

### Referencia en Internet

Motor de búsqueda: MSN España Search. *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Naciones Unidas 1988. Junio de 2006.

## GESTIÓN HÍDRICA NACIONAL FINANCIERAMENTE AUTOSUFICIENTE PROPUESTA CANON AMBIENTALMENTE AJUSTADO

Ing. José Miguel Zeledón Calderón  
Jefe Departamento de Aguas –MINAE  
www.drh.go.c

### INTRODUCCIÓN

La reconocida problemática identificada en infinidad de diagnósticos referente al manejo del Recurso Hídrico en Costa Rica<sup>1</sup>, revelan su administración multi-institucional y consecuente planificación sectorial, que hoy día se ha transformado en una ingobernabilidad manifiesta en perjuicio de la oferta de agua y antesala de un colapso.

En Costa Rica reconocemos nuestro potencial hídrico, paraíso de inversionistas en la economía de la industria turística e hidroeléctrica, sin embargo la falta de acciones tendientes a su sostenibilidad se convierte en bumerán no solo para garantizar el acceso primordial al consumo humano sino de barrera para el desarrollo.

Se mencionan más de 15 instituciones involucradas en el manejo de este recurso, con más de 10 leyes y número importante de decretos, que de alguna forma asignan competencias dispersas de participación institucional, lo cual evidencia la falta de una Ley Marco del Recurso Hídrico como lo manifestara acertadamente nuestra Sala Constitucional. que justifica converger en el proyecto que hoy día se tramita en la Comisión Permanente Especial del Ambiente de nuestra Asamblea Legislativa (Exp. 14585), la cual se encuentra inmersa en un proceso saludable de fortalecimiento y concienciación de actores y que sin duda es un instrumento vital para garantizar una gestión eficiente del recurso agua.

Sin embargo hoy día ante el eventual **“punto de quiebra”** es necesario y posible bajo el encuentro de voluntad política y ciudadana, desarrollar acciones viables técnicamente y legalmente, tendientes a promover desde ya, el aprovechar de forma sostenible las virtudes y riqueza de este recurso, privilegio en nuestro territorio.

Para iniciar este proceso el Ministerio del Ambiente y Energía debe asumir la rectoría otorgada por nuestra

Ley de Aguas actual, condición de sobra interpretada por nuestra Procuraduría General de la República y la misma Sala Constitucional y realizar dos grandes esfuerzos, primero el de convertirse en el líder de una mesa común de actores institucionales y otra del fortalecimiento de la gestión en aguas de nuestro Ministerio (Departamento de Aguas).

El primer esfuerzo deberá converger en acciones primordialmente de coordinación en el desarrollo y aprovechamiento de aguas así como en la generación de una política nacional hídrica.

El otro esfuerzo, va tendiente a garantizar actividades de control del aprovechamiento, promoción del monitoreo hidrometeorológico en calidad del dato y de cobertura nacional así como de desarrollo e investigación en la materia e inversión en infraestructura hidráulica, todo con la presencia regional de especialistas del MINAE, para lo cual sin duda la experiencia acumulada de seis décadas desarrollada por el Departamento de Aguas, es base de esta acción.

Por otra parte, la gestión integral del recurso hídrico nacional debe conllevar el manejo de nuestra cobertura forestal, componente integral del ciclo hidrológico, garantía del efecto de evapotranspiración, control del escurrimiento e infiltración y percolación de agua al subsuelo. Este manejo implica pensar en la sostenibilidad de los bosques del estado a través de las áreas silvestres protegidas y del bosque privado, así como de la restauración del área forestal perdida.

Por tanto, uno de los instrumentos que el MINAE debe recurrir para financiar la gestión y regular el aprovechamiento, es el canon que por concepto de aprovechamiento de agua, dispuesto en la Ley de Aguas vigente, y que deben pagar todo concesionario. Sin embargo, es conocido el valor ridículo que se paga actualmente, amén de que ni el A y A ni el ICE reconocen este

pago en tanto el aprovechamiento sin concesión que realizan razonado en su interpretación de su “concesión de aguas de pleno derecho”.

Actualmente, en la estructura del canon se considera la asignación de caudales fijos en litros por segundo, con una valoración económica que varía por su estructura de rangos de consumo y con un comportamiento de valor total final decreciente.

Dado que los esfuerzos encaminados hacia un desarrollo sostenible implica una gestión integral óptima de los recursos naturales, y el país se ha comprometido con dicho modelo de desarrollo en distintos convenios internacionales y en la legislación nacional, es necesario modificar la estructura actual del canon por aprovechamiento de agua en dos aspectos fundamentales, que han sido identificados como deficiencias para la administración y conservación del recurso hídrico: a) Los componentes que integran el canon, y b) La unidad de medida a utilizar.

Producto del estudio “Desarrollo de una Base Metodológica para el cálculo de un canon ambientalmente ajustado pro aprovechamiento de agua en el Cuenca del Río Grande de Tárcoles” realizado por el Instituto de Políticas para la Sostenibilidad a través de la cooperación de PROSIGA para con el MINAE, se propone una nueva estructura y valor bajo el concepto de un Canon Ambientalmente Ajustado que actualice el actual canon establecido por Decreto 26635-MINAE del año 1998.

La propuesta del canon ambientalmente ajustado contempla dos componentes el “**derecho de uso del agua**” y el “**Servicio Ambiental Hídrico**”. El primero para financiar la gestión de monitoreo hidrometeorológico, investigación y desarrollo así como la gestión operativa, de control y vigilancia del recurso, a través de la cuenca hidrográfica y el segundo para garantizar cobertura forestal.

Este canon deberá ser reconocido por todo usuario del recurso, el cual ya sea mediante concesión administrativa o derecho dado por Ley especial, se le haya asignado agua para su aprovechamiento en sus fines; resultando que toda persona física, jurídica, privada o pública debe honrar el pago a fin de garantizar al Estado costarricense una gestión integral hídrica autosuficiente financieramente.

### **Características de la Concesión de Aprovechamiento de Agua:**

La concesión la podemos interpretar como el derecho al aprovechamiento de agua que otorga el Estado a través del MINAE<sup>a</sup>, en forma temporal a una persona física o jurídica pública o privada.

Las únicas instituciones públicas que no solicitan concesión al MINAE, son el A y A e ICE, justificado en que sus leyes de creación les asigna una concesión de

pleno derecho; condición rescatable, de donde si bien, no existe un acto administrativo que les asigna el recurso como otras instituciones públicas, tales como Municipalidades, SENARA, ESPH,S.A y JASEC, lo cierto es que el aprovechamiento que realizan del recurso para la prestación del servicio público de ley, se da conforme la concesión que les fue asignada por el Estado a través de una Ley.

Por otra parte, es importante afirmar que estamos ante derecho se uso de un bien demanial, caracterizado por las siguientes particularidades rescatadas de la Ley de Aguas No. 276:

- Toda persona física o jurídica requiere concesión administrativa (con la excepción tipificada arriba)
- Temporal (máximo 30 años)
- Caudal fijo (litros por segundo)
- Asignación por períodos determinados de tiempo (días, semanas o meses)
- Derecho de aprovechamiento
- Para un uso o varios
- Canon semestral por aprovechamiento
- Recargo del 25% al 1er semestre y del 50% al 2do semestre
- Aplica la caducidad por no pago durante el 3er semestre
- Aplica hipoteca a la propiedad (no se ha aplicado)
- Su pago se realiza por el caudal asignado no por lo consumido

Por tanto, bajo las características anteriores, la concesión no se trata de un servicio público ni de una asignación de agua medible contra el gasto periódico que haga el concesionario; sino que es una autorización fija de caudal (litros por segundo) que afecta la oferta durante el período y plazo que se otorga; en tanto este derecho se asigna en plenitud, lo cual hace al recurso más limitante y escaso, siendo necesario que el canon refleje este valor agregado de disposición total en las condiciones mismas del derecho.

### **Fundamento e Historia Breve del Canon:**

La Ley de Aguas vigente No. 276 del 26 de agosto del 1942<sup>b</sup>, establece la obligatoriedad de que toda concesión de aprovechamiento de agua que se realice deberá reconocer el pago de un canon.

Este canon se ha venido cobrando años atrás desde que el Departamento de Aguas perteneciera al Servicio Nacional de Electricidad, al cual la Contraloría General de la República le aprobara como institución descentralizada. Existiendo una Norma Ley presupuestaria<sup>c</sup> la cual le asigna la posibilidad de reconocimiento de un canon anual en materia de regulación al SNE.

A partir del traslado<sup>d</sup> de competencias de Ley de Aguas al Ministerio del Ambiente y Energía hecho efectivo a partir octubre de 1997, este asume las responsabilidades de rectoría en materia hídrica.

Debidamente consultadas tanto la Contraloría General de la República como la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos; la primera alegando que no aprueba cánones a instituciones del Gobierno Central y la segunda alegando que lo correspondiente a su competencia es conocer lo referente a tarifas, ambas se excusan de reconocer la aprobación de un nuevo canon al MINAE.

Dado lo anterior, mediante en reglamentación a la Ley de Aguas, se emite el Decreto del Poder Ejecutivo No. 26635-MINAE publicado en la Gaceta en febrero del 1998, referente al canon de aprovechamiento de aguas más reciente; el cual se emite con base en la estructura diseñada y trasladada del antiguo SNE, propuesta para recaudar 100 millones, siendo que a la fecha esta misma estructura genera un ingreso total anual esperado de 120 millones, que hoy día da importante sustento económico a la gestión del Departamento de Aguas.

## ESTRUCTURA CANON ACTUAL

La estructura del canon actual considera la asignación de caudales fijos en litros por segundo, con una valoración económica que varía según rangos de caudal asignado y diferenciado el valor para aguas superficial y subterránea, con un comportamiento de valor decreciente.

Esto quiere decir, que a mayor caudal asignado, menor es el valor del litro por segundo asignado correspondiente a rangos de mayor amplitud. Por ejemplo, en el uso hidroeléctrico en el rango de 0 a 10 l/s, el valor es de ¢1500/l asignado, mientras que más de 500 l/s asignados el valor disminuye a ¢18/l. Es decir, el valor del litro asignado pasó de ¢1500 a ¢18. Por otro lado, en la estructura solo se contemplan costos administrativos, que no incluyen otros componentes importantes para una gestión óptima del agua, como son la investigación, el control y monitoreo, etc. Esto hace que solo se pueda atender al usuario en sus gestiones para la asignación de concesiones, y no sea posible avanzar hacia esquemas más consolidados para la administración óptima y la conservación integral del recurso hídrico.

A continuación y con el fin de ilustrar la estructura del canon actual se describen ejemplos de parte de la estructura vigente y publicada en el Decreto 26625-MINAE:

### Para Aguas Superficiales:

CUADRO 1  
Uso Doméstico

Rango (litros por segundo)	Monto Anual (colones) *
De 0 hasta 0.10	8000
Exceso de 0.10 hasta 0.25	7000
Exceso de 0.25 hasta 0.50	6000
Exceso de 0.50 hasta 1.00	5000
Exceso de 1.00 hasta 5.00	4000
Exceso de 5.00 hasta 10.00	3000
Exceso de 10.00 hasta 15.00	2000
Exceso de 15.00 hasta 20.00	1000
De 20.00 en adelante	500

CUADRO 2  
Uso Hidroeléctrico

Rango (litros por segundo)	Monto Anual (colones) *
De 0 hasta 10.00	1500
Exceso de 10.00 hasta 20.00	1000
Exceso de 20.00 hasta 50.00	800
Exceso de 50.00 hasta 100.00	600
Exceso de 100.00 hasta 500.00	200
De 500 en adelante	18

### Para Aguas Subterránea:

CUADRO 3  
Uso Doméstico

Rango (litros por segundo)	Monto Anual (colones) *
De 0 hasta 0.10	10000
Exceso de 0.10 hasta 0.25	8000
Exceso de 0.25 hasta 0.50	7000
Exceso de 0.50 hasta 1.00	6000
Exceso de 1.00 hasta 5.00	5000
Exceso de 5.00 hasta 10.00	4500
Exceso de 10.00 hasta 15.00	3500
Exceso de 15.00 hasta 20.00	2500
De 20.00 en adelante	750

CUADRO 4  
Uso Industrial

Rango (litros por segundo)	Monto Anual (colones) *
De 0 hasta 0.10	8000
Exceso de 0.10 hasta 1.00	7000
Exceso de 1.00 hasta 10.00	6000
Exceso de 10.00 hasta 50.00	5000
Exceso de 50.00 hasta 100.00	4000
Exceso de 100.00 hasta 500.00	3000
De 500.00 en adelante	2000

\* Mas 50 colones genérico por litro por segundo para control y seguimiento.

CUADRO 5  
Monto Resultante del Canon Actual por Sector \*\*

Sector	Canon (colones por metro cúbico anual)	
	Superficial	Subterráneo
Doméstico	0.5177	0.7187
Poblacional	0.0088	0.0109
Hidroeléctrico (fuerza hidráulica)	0.0001	NA
Industrial	0.0252	0.1928
Riego	0.0169	0.1304
Otros usos	0.0075	0.3224
Promedio	0.0007	0.1128

\*\* Ingresos estimados para año 2003: 120 millones

## PROPUESTA

### CANON AMBIENTALMENTE AJUSTADO

No solo se pretende la actualización del valor del canon y consecuente aumento de ingresos económicos a la gestión hídrica e instrumento promotor del aprovechamiento eficiente el agua; sino un cambio en el concepto de su estructura y el reconocimiento en esta del costo ambiental por su aprovechamiento; partiendo de los fundamentos técnicos desarrollados en la consultoría realizada para el MINAE por parte del Instituto de Políticas para la Sostenibilidad en el denominado trabajo "Desarrollo de una Base Metodológica para el cálculo de un canon ambientalmente ajustado pro aprovechamiento de agua en el Cuenca del Río Grande de Tárcoles", financiado por PROSIGA.

En la estructura es necesario incorporar los elementos necesarios para una gestión óptima del agua, que como se ha manifestado incluye investigación, control, monitoreo, planificación, mediciones, administración, inversiones, etc., y que estarían contemplados en lo que se ha denominado "**derecho de uso del agua**" cuya propuesta de valor se considera como una fracción del valor económico del agua en sus distintos usos. También es necesario integrar los costos de conservación y restauración de ecosistemas, y que estarían contemplados en lo que se ha denominado "**Servicio Ambiental Hídrico**", cuya propuesta de valor se considera con base en el costo de oportunidad del uso del suelo para el componente de conservación, y para el componente de restauración se considera el costo correspondiente de restaurar ecosistemas.

### 1.- Categorización de los Usos:

Para efectos de facilitar la implementación y gestión de canon se agrupa el aprovechamiento del recurso hídrico en cuatro grandes categorías:

**1.1 Doméstico:** incluye el uso poblacional, todo lo referido al agua asignada para el consumo humano, tanto residencial como comercial y otros.

**1.2 Industrial:** Esta categoría esta referido al consumo de agua en procesos especializados, incluye al sector agroindustrial tal como beneficio de café, ingenio; además tipifica el gasto de agua de la industria turística.

**1.3 Agropecuario:** Es el gasto principalmente en el sector riego, consumo animal, fumigación, producción animal e insumo en procesos y productos primarios derivados de animales (lechería, porqueriza, avícola, etc), además agrupa el sector acuicultura.

**1.4 Hidroeléctrico:** Tipifica el aprovechamiento de la fuerza hidráulica en general tanto para destinar a la generación de electricidad como su aprovechamiento como fuerza mecánica (trapiques quebradores, etc)

### 2.- Estimación del Derecho de Uso del Agua:

Valoración del agua partiendo del principio de insumo de la producción de las distintas actividades económicas, siendo para el caso de consumo humano, el valor se refleja en el exceso de agua por encima del nivel medio de consumo por considerarse como suntuario.

CUADRO 6  
Valoración del Derecho de Uso del Agua por Sector<sup>e</sup>

SECTOR	Valor (colones por metro cubico anual)
Doméstico	4.62
Industrial	16.41
Agropecuario	2.89
Hidroeléctrico	2.67
Promedio	3.27

### 3.- Estimación de la valoración del servicio ambiental hídrico (bosque)

La estructura del Servicio Ambiental Hídrico comprende el componente de conservación y el costo de restauración de ecosistemas, tal y como se presenta en la siguiente expresión:

$$SAH = VC + VR$$

VC Valor de conservación de ecosistemas (¢/m<sup>3</sup>)

VR Valor de restauración de bosques (¢/m<sup>3</sup>)

#### 3.1 Valor de Conservación de ecosistemas:

Determinado por el costo de oportunidad de no uso de la superficie de terrenos en la actividad de ganadería o producción de cultivos.

#### 3.2- Valor de restauración de bosques:

Determinado por el costo de restaurar la cobertura forestal en áreas con aptitud y que han sido degradadas por el cambio de uso, con el fin de mejorar el régimen hídrico en la cuenca, Está compuesto de los costos de mantener en pie el bosque natural (Pago de servicios ambientales) y los costos de restauración o reforestación.

Para el componente de conservación y restauración es necesario resaltar que las estimaciones varían según la región, el régimen hidrológico, el costo de oportunidad y los costos de restauración. Estos componentes de valor están condicionados por la dinámica productiva en la zona lo que explicaría el costo de oportunidad, y por las condiciones climatológicas que explicarían las diferencias en el costo de restauración. Estudios en diferentes cuencas y regiones del país reflejan dicha situación.

CUADRO 7  
Valoración Servicio Ambiental Hídrico por Sector<sup>f</sup>  
(colones por metro cúbico)

Cuenca (región)	Pago Servicio Ambiental	
	Valor Conservación (¢/m <sup>3</sup> )	Valor Restauración (¢/m <sup>3</sup> )
Río Grande de Tárcoles	0.51	1.82
Río Savegre	0.48 *	1.62 *
Río Tempisque	1.67	3.02
Heredia	2.70	4.89
Promedio	1.34	2.84

Por lo anterior, lo razonable es aplicar un canon de aprovechamiento de agua ambientalmente ajustado considerando las diferencias regionales. Sin embargo, ante la ausencia de información en la actualidad para las demás cuencas del país, se considera viable, por ahora, una aplicación de dicho canon a nivel nacional, para después avanzar a una aplicación a nivel regional una vez que se disponga de la información correspondiente y suficiente.

### LA PROPUESTA DE UN CANON AMBIENTALMENTE AJUSTADO:

#### Estructura:

**Canon = Valor del Derecho de Uso del Agua + Servicio Ambiental Hídrico**

#### 1.- Valor del Derecho de Uso del Agua:

Se propone considerar una fracción equivalente al 10% de los valores estimados en dicho estudio según cuadro 6 anterior. Además, de mantener la proporción actual que existe por sector para el valor del canon para aguas superficiales y aguas subterráneas, en la estimación del derecho de uso.

Por otra parte, de conformidad con la estructura actual del canon, se propone rescatar la diferenciación que esta realiza entre el reconocimiento del valor del agua superficial y la subterránea.

Esta diferencia que hace más cara el agua proveniente de los acuíferos se estima a raíz de su valor agregado, dada por su garantía en calidad y disponibilidad,

que si bien tiene un costo de explotación más honeroso, no supera la garantía al acceso seguro del recurso.

Igualmente el sistema que contiene e interviene en la disponibilidad de agua subterránea es mucho más complejo, de ahí que su estudio igualmente diversificado sea caro, así mismo se trata de un sistema de frágil manejo, donde su contaminación es prácticamente irreversible a diferencia de las fuentes superficiales.

La proporcionalidad del valor del agua subterránea respecto a la superficial se obtiene del decreto 26625-MINAE, distinción que se recomienda mantener y la cual ha sido admitida por parte de los concesionarios desde la vigencia del canon actual (1998), por tanto es rescatable esta política.

Por otra parte, la Ley de Agua dispone que las concesiones se indique el caudal asignado<sup>9</sup> y tradicionalmente ha sido la unidad de litros por segundo con la cual se ha expresado esta variable y con el cual se ha cobrado el canon. La presente propuesta esta basada en cobrar por volumen anual aprovechado, unidad de medida que refleja mejor las cantidades de agua usada por cada proceso y permite que en los montos de cobro refleje este aspecto, sin que se tenga contradicción con la Ley de Agua, por ser una simple conversión técnica a la hora de implementar la gestión del canon.

Otro aspecto que se debe rescatar de la propuesta, es que no se constituye solo en un mecanismo de generación de recursos económicos, sino que se convierte en un instrumento económico de regulación de su aprovechamiento y consecuente administración de la oferta efectiva del agua en las cuencas, de tal forma que vendrá a ayudar a garantizar su sostenibilidad; hasta tal punto de desincentivar la explotación excesiva e incentivar la búsqueda de fuentes alternativas, así como la revisión de los caudales asignado, quizás sobrediseñados, aspectos que se reflejan muy bien, por ejemplo, en el uso industrial y turístico de agua subterránea, sector que ejerce mucha presión sobre este recurso hoy en día.

CUADRO 8  
Monto Propuesto por Concepto del Valor del Derecho de Uso del Agua por Sector y Tipo de Fuente del Agua

Sector	Valor (colones por metro cúbico)	
	Agua Superficial	Agua Subterránea
Doméstico	0.46	0.64
Industrial	1.64	12.55
Agropecuario	0.29	2.23
Hidroeléctrico	0.27	NA

NA: No aplica

## 2.- Valor de Servicio Ambiental Hídrico

De acuerdo con los resultados de los estudios realizado en diferentes regiones, ver cuadro 7, se plantea para el componente de Servicio Ambiental Hídrico un valor de  $\text{¢}2.0/\text{m}^3$ , considerando el valor aproximado que se obtuvo en la cuenca del Río Savegre, por ser el menor y estar generado en la cuenca más conservada del país, con un dinamismo económico incipiente. Además, dadas las condiciones del país, se espera que en ninguna región se encuentre un valor menor a  $\text{¢}2.0/\text{m}^3$ , dado que en el resto del país, principalmente en la Zona Atlántica, hay un dinamismo económico importante por lo que el costo de oportunidad tiende a ser mayor que el estimado en la cuenca del Río Savegre.

La distribución del valor asignado al servicio ambiental hídrico es de un 42% para financiar la conservación ( $\text{¢}0.84/\text{m}^3$ ) y un 58% para financiar la restauración de ecosistemas ( $\text{¢}1.16/\text{m}^3$ ). Lo anterior dado que esa es la proporción promedio encontrada en los estudios mencionados, base para la proporción propuesta.

En la práctica, se debe rescatar la experiencia generada por la Empresa de Servicio Públicos de Heredia, S.A., que le fue aprobada por la ARESEP la incorporación

CUADRO 9  
Propuesta de Canon Ambientalmente Ajustado  
(Colones por Metro Cúbico)

Uso	Valor Derecho de Uso del Agua		Servicio Ambiental Hídrico	Canon Ambientalmente Ajustado	
	Agua Superficial	Agua Subterránea		Agua Superficial	Agua Subterránea
Doméstico y Poblacional	0.46	0.64	2.00	2.46	2.64
Industrial	1.64	12.55	2.00	3.64	14.55
Agropecuario	0.29	2.23	2.00	2.29	4.23
Hidroeléctrico	0.27	NA	2.00	2.27	NA

NA: No aplica

del pago del servicio ambiental hídrico en la tarifa de servicio público de abastecimiento de agua, equivalente a ¢1,90, cuyo valor es similar al propuesto en nuestro caso de ¢2.00/m<sup>3</sup>.

### Implementación:

Dado que lo propuesto es un cambio diametral en la estructura y monto del canon de aprovechamiento de aguas, a fin de minimizar el impacto que a corto plazo podría tener su implementación, se plantea una estrategia de implementación gradual a siete años conforme la distribución siguiente:

- Para el primer año un 10% del valor propuesto.
- Para los siguientes seis años un 15 % del valor propuesto en forma acumulada.

Con base en lo anterior se resume para puesta de implementación en el cuadro 10.

Esta propuesta permitirá un flujo de ingreso anual acumulado el cual se detalla en el anexo 1, estimado con base en la demanda de agua actual obtenida de las concesiones y caudales registrados en el Departamento de Aguas, considerando los volúmenes anuales totales asignados, se hace la salvedad de que para efectos del presente trabajo no se hace diferencia en asignaciones de caudal en períodos menores al año, o sea que se estimó el consumo para todos los derechos en 365 días del año y las 24 horas del día.

### Inversión:

#### Tipificación de Gasto

##### 1.- Valor del Agua:

Los ingresos totales por concepto del Derecho de Uso del agua, serán los fondos que garanticen una gestión integral nacional autosuficiente, financiado labores de:

- Gestión de control y seguimiento: Referido a las labores de campo para la verificación y monitoreo a fin de garantizar el cumplimiento de los términos del aprovechamiento de agua conforme lo dispuesto la administración, lo que implica la presencia de especialistas en todo el territorio nacional.
- Desarrollo: Se refiere a la evolución científica y operativa con la constante implementación de acciones que permita a la administración aspirar a ejercer en todo el territorio nacional y en forma eficientemente la gestión del recurso hídrico.
- Tecnología: Incorporación en la gestión del agua del equipo idóneo y actualizado.
- Investigación: Mantener acción constante en el desarrollo del conocimiento científico sobre el recurso hídrico y su gestión.
- Monitoreo meteorológico e hidrológico (incluye gestión del IMN): Garantizar la sostenibilidad en la generación de los datos meteorológicos e hidrológicos básicos para conocer la oferta regional y su comportamiento en el tiempo.

CUADRO 10  
Implementación del Canon Ambientalmente Ajustado

Sector	Primer Año		Segundo Año		Tercer Año			
	Superficial	Subterráneo	Superficial	Subterráneo	Superficial	Subterráneo		
Doméstico	0,246	0,264	0,62	0,66	0,984		1,056	
Industria	0,364	1,455	0,91	3,64	1,456		5,82	
Turismo	0,364	1,455	0,91	3,64	1,456		5,82	
Agropecuario	0,229	0,423	0,57	1,06	0,916		1,692	
Hidroelectricidad	0,227		0,57		0,908			

Sector	Cuarto Año		Quinto Año		Sexto Año		Séptimo Año	
	Superf.	Subter.	Superf.	Subt.	Superf.	Subt.	Superf.	Subt.
Doméstico	1,353	1,452	1,722	1,848	2,091	2,244	2,46	2,64
Industria	2,002	8,0025	2,548	10,185	3,094	12,3675	3,64	14,55
Turismo	2,002	8,0025	2,548	10,185	3,094	12,3675	3,64	14,55
Agropecuario	1,2595	2,3265	1,603	2,961	1,9465	3,5955	2,29	4,23
Hidroelectricidad	1,2485	NA	1,589	NA	1,9295	NA	2,27	NA

- Capacidad institucional: Garantizar la articulación institucional en la gestión hídrica en todo el territorio nacional.
- Infraestructura de aprovechamiento: Promover y financiar el desarrollo de obras civiles para el manejo eficiente de la oferta y demanda del recurso hídrico.

La propuesta de egresos de los recursos obtenidos del valor de agua, va dirigida a garantizar una eficiente y autofinanciada gestión del recurso hídrico del MINAE en todo el territorio nacional; para lo cual es necesario la regionalización del Departamento de aguas, con el fin de disponer en sitio de especialistas. Para ello se debe considerar que el Ministerio ha desarrollado una infraestructura regional del Sistema Nacional de Areas de Conservación (SINAC), la cual ha instaurado oficinas en todo el territorio nacional, pero que a la fecha solo atienden asuntos de su competencia.

Sin embargo, la delimitación territorial por áreas de conservación no ofrece la plataforma idónea para el manejo integrado de los recursos hídricos, la cual debe ser realizada a través de la cuenca hidrográfica, delimitación natural correspondiente a la división geofísica de aguas, la cual permite delimitar la oferta así como la demanda.

Por tanto, la propuesta pretende integrar la capacidad institucional regional del SINAC con la gestión por vertientes hidrográficas y con ello retomar el Decreto 26635-MINAE, que dispone al Ministerio instaurar la gestión hídrica en cinco vertientes a saber: Vertientes del Pacífico: Norte, Central y Sur, así como la Vertiente Norte y Caribe, para lo cual se propone instalar los centros de operaciones de la gestión de aguas del MINAE en los cantones principales y en las oficinas del SINAC/MINAE, con el fin de aprovechar la infraestructura regional del MINAE, como por ejemplo Liberia, Esparza, San José, Pérez Zeledón y Limón; sin que esto implique subordinarse a la estructura organizativa del SINAC, dado el alto

nivel jerárquico que requiere mantener la gestión hídrica dentro del Ministerio, para que esta sea realizada en forma eficaz y eficiente.

Para lo anterior, se retoman las estimaciones del flujo de gasto en los escenarios desarrollados en el trabajo final del proyecto **“Marco Institucional y Legal para el Manejo integrado de los recursos hídricos en Costa Rica”**, concluido en el 2001 por parte del Centro Regional de Estudios en Economía Ecológica y el Internacional Center for Water Studies de Holanda, con financiamiento del BID.

Por otra parte, para la gestión del recurso hídrico es vital mantener conocimiento real y actualizado en todo el territorio del “presupuesto de Aguas”, para lo cual debe garantizarse la generación de datos hidrológicos y meteorológicos para la determinación la oferta de agua.

Para la generación del flujo de gastos/costos en este último ítem, se trabajó con las estimaciones presentadas en el **“Proyecto Clima Ibeoramericano de Estudio de Factibilidad de Diseño para el IMN de Costa Rica”**, BIB - BM Instituto Real de Dinamarca realizado en 1999 en donde se propone un sistema nacional sostenible de monitoreo meteorológico del recurso hídrico. En el anexo 2 se detalle los rubros y costos estimados para el período propuesto de implementación de siete años.

En el cuadro 11 se resume los gastos versus los ingresos esperados por concepto del cobro del Derecho de Uso del Agua para el periodo propuesta de siete años de implementación acumulada.

## 2.- Valor Servicio Ambiental Hídrico:

Este componente del servicio ambiental hídrico deberá invertirse a través del Sistema Nacional de Areas de Conservación (SINAC), para el financiamiento del Sistemas de Areas Silvestres Protegidas y el financiamiento de la reforestación de superficie de interés y potencial hídrico.

CUADRO 11

Cuadro resumen del flujo del gasto del componente para la gestión hídrica del Departamento de Aguas y el Instituto Meteorológico Nacional versus los ingresos esperados por el valor del Derecho de Uso del Agua (millones de colones)

Item	PERIODO (Años)						
	1	2	3	4	5	6	7
Dpto.Aguas	865.00	1306.00	2754.00	5375.00	6561.00	8205.00	10254.00
IMN	166.63	236.95	288.84	362.09	1129.62	396.64	459.43
Total del Gasto	1031,63	1542.95	3042,84	5737.09	6690.62	8601.64	10713.43
Total del Ingreso	1015.39	2538.48	4061.56	5584.65	7107.73	8630.82	10153.90

## ANEXO 2

### Sensibilización del Cobro del Canon Debilidades - Fortalezas para su Sostenibilidad

1. Los valores actuales del canon tan bajos hace que el mismo pase casi desapercibido, con el cambio propuesto se amerita que sea sometido a un proceso de lobby político y de validación.
2. La figura del canon y su gestión se remonta a muchos años atrás, lo que la hace ser una figura consolidada y reconocida por todos los concesionarios de aguas. Sin embargo debe fortalecerse la norma a fin

de su reconocimiento conforme los nuevos principios propuestos en el presente trabajo.

3. La ineficiencia que ha caracterizado la gestión de cobro del canon, se convierte en un obstáculo para establecer una nueva estructura y monto, lo que hace pensar en la necesidad de mejorar la capacidad institucional en esta materia, así como implementar un mecanismo que asegure una gestión eficiente de recaudación de los recursos.
4. Las alianzas con el Sistema Bancario Nacional (Banco Nacional) no ha generado los resultados esperados para mejora la recaudación y asegurar

Plan de trabajo: Sub comisión para la implementación del canon ambientalmente ajustado

Área	Acción	Cronograma							Responsable	Insumos
		J	A	S	O	N	D			
Propuesta de Canon	Desarrollar Propuesta	X							Zeledón / Sub- Comisión	Propuesta de Canon
	Elaborar Norma Legal					X			Legal Dpto. Aguas	Decreto
Validación	Interna	X							Sub Comisión y Calor Manuel Rodgiguez	Propuesta de Consulta
	Lobby Político (Comisión de Notables)			X					Alfio Piva y Carlos Manuel Rodríguez	Propuesta Validada
	Talleres			X					Eladio Zarate y Analive Espinoza	Propuesta Validada
Eficiencia de Gestión Cobro	Recuperación de Pendiente	X	X	X	X				Dpto Aguas-SINAC	Cobro al Día
	Mecanismos de Recaudación y Registro	X	X	X					José Zeledón Eladio Zarate María del Carmen Orozco Bernardo Grossi	Mecanismos actuales revisados y propuestas de nuevos
	Personal técnico de Base Datos	X							Eladio Zarate	1 Funcionario de Planta
	Contrato de Rescate de Información	X	X	X					Eladio Zarate José Zeledón	
Capacidad Institucional	Alimentar Base de Datos			X	X	X	X		José Zeledón	Base de Datos actualizada con datos depurados
	Disponer de persona de Gestión de Cobro	X							José Zeledón Analive Espinoza	2 Funcionarios de planta
Revisión Legal del Canon	Compra Equipo Computo		X						Eladio Zarate José Zeledón	Equipo computo actualizado
	Propuesta de Ley	X	X						José Zeledón Gerardo Barrantes Ana María Tato	Revisión y propuesta de canon
Inversión	Ley Actual		X						Legal Dpto. Aguas	Canon 100% del MINAE
	Desarrollar Plan de Inversión		X						Gerardo Barrantes / José Zeledón / Analive Espinoza Gustavo Induni	Plan de Inversión

la actualización del estado de cuenta de los concesionarios, por lo cual se debe buscar mecanismos novedosos y tecnología para facilitar el ingreso de dineros y su registro efectivo. La diversificación de cajas recaudadoras como lo aplican todas las instituciones del Estado, se constituye en una acción bondadosa.

5. La puesta en práctica de la propuesta y con ella el elevar los montos por concepto de canon, debe ir acompañado de acciones a partir de un plan de inversión y posterior presupuesto garantice el eficiente uso de los dineros recaudados.
6. Con la implementación de un nuevo Canon se corresponde con la disposición ñ) del Informe DFOE-AM-41/2002 de la Contraloría General de la República.
7. Se debe continuar impulsando la modificación de la Ley de Aguas para cambiar la norma referente a la recaudación y distribución de los recursos, de tal forma que permita al Departamento de Aguas continuar recaudando y presupuestando el 100% de del canon.

## BIBLIOGRAFIA

1. **"Proyecto Clima Iberoamericano de Estudio de Factibilidad de Diseño para el IMN de Costa Rica"**, BIB - BM Instituto Real de Dinamarca. 1999.
2. **"Marco Institucional y Legal para el Manejo integrado de los recursos hídricos en Costa Rica"**, Centro Regional de Estudios en Economía Ecológica y el Internacional Center for Water Studies de Holanda, con financiamiento del BID. 2001.
3. **"Desarrollo de una Base Metodológica para el cálculo de un canon ambientalmente ajustado por aprovechamiento de agua en la Cuenca del Río Grande de Tárcoles"** IPS – 2003.
4. **"Evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca del Río Tempisque y su aplicación al ajuste de tarifas"**. IPS – 2002.
5. **"Evaluación del Servicio Ambiental hídrico en la Cuenca Savegre con Fines de Ordenamiento Territorial"**. IPS – 2001.
6. **"Estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada: internalización del valor de variables ambientales"**, ESPH. IPS – 1999.
7. **"Parámetros para la Internalización de los Servicios Ambientales en la Estructuras Tarifarias de Servicios Públicos"**. Informe

Técnico Comisión Interinstitucional para a Definición de criterios para la Internalización del valor del agua. Agosto 1999.

## NOTAS

- a Artículo 17 "Es necesaria autorización para el aprovechamiento de las aguas...Esta autorización la concederá el Ministerio del Ambiente y Energía en la forma que se prescribe en la presente Ley..."
- b Art. 169 La concesiones de aprovechamiento de agua pagarán al Ministerio del Ambiente y Energía los siguientes derechos: ...I. Una cuota fija, por una sola vez, de un colon por cada diez litros o fracción de agua por segundo concedida; ... III. Una cuota semestral de un colon por cada diez litros o fracción de agua o por segundo concedida si se tratare de aguas para riegos. Si fuese para otros usos, la cuota se elevará al doble."
- c Art. 41 de la Ley 6999 publicada en el Gaceta 176 del 17 de septiembre de 1985 "...Para darle contenido financiero y presupuestario a las diferentes funciones reguladoras la Junta Directiva del SNE someterá a la aprobación de la Contraloría General de la República los cánones, derechos y tasas de la instituciones y empresas de servicios públicos que estén sujetos a su regulación..."
- d Transitorio 5 Ley de la Autoridad reguladora de los Servicios Públicos ARESEP No. 7593, " Se traslada el Departamento de Aguas del Servicio Nacional de Electricidad, incluyendo su personal, activos y funciones al Ministerio del Ambiente y Energía, Este traslado se hará efectivo dentro del plazo máximo de un año después de entrar en vigencia esta ley,.... En virtud e lo dispuesto en el párrafo anterior, en cualquiera de los artículos de la Ley No. 276 del 27 de agosto de 1942 y sus reformas, donde se menciona Servicio Nacional de electricidad EN RELACIÓN CON LAS AGUAS NACIONALES, DEBERÁ LEERSE Ministerio del Ambiente y Energía..."
- e Desarrollo de una Base Metodológica para el cálculo de un canon ambientalmente ajustado pro aprovechamiento de agua en el Cuenca del Río Grande de Tárcoles" IPS, 2002
- f "Desarrollo de una Base Metodológica para el cálculo de un canon ambientalmente ajustado por aprovechamiento de agua en la Cuenca del Río Grande de Tárcoles" 2003
  - "Evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca del Río Tempisque y su aplicación al ajuste de tarifas", cuyo resultados muestran un valor de para conservación de ecosistemas y un valor de  $\text{€}3.02/\text{m}^3$  para restauración de ecosistemas. 2002
  - "Evaluación del Servicio Ambiental hídrico en la Cuenca Savegre con Fines de Ordenamiento Territorial" que muestra un valor de  $\text{€}0.48/\text{m}^3$  para conservación y un valor de  $\text{€}1.62/\text{m}^3$  para restauración. 2001
  - En la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. (E.S.P.H. S.A.), en 1999, "Estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada: internalización del valor de variables ambientales", de la ESPH. 1999
- g Artículo No. 181.

# UTILIZACIÓN DE CENIZAS GENERADAS POR EL INGENIO AZUCARERO DE COOPEVICTORIA R.L. EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIO DE CAFÉ

*Melania Brenes Pereira*  
Agua Caliente de Cartago, Costa Rica  
E-mail: melaniabrenes@yahoo.com

## RESUMEN

La ceniza producida por el ingenio azucarero de CoopeVictoria fue utilizada para evaluar el efecto de este material como adsorbente en cuanto a remoción de ciertos parámetros de control de calidad de las aguas residuales del beneficio de café de la misma empresa. Se realizaron seis ensayos preliminares para evaluar y determinar la dosis de ceniza, el tiempo de retención, y el comportamiento de dicho material en el agua residual. Para la investigación se diseñó un sistema de lagunas de oxidación y se evaluaron cuatro ensayos en los cuales se logró una remoción de la materia orgánica de 68%, con una dosis de ceniza de 8 kg/m<sup>3</sup> y un tiempo de retención de 14 días, esto con un rango de pH de 4-5 a 20 °C. El color y la turbiedad fueron removidos en un 84% y 92%, respectivamente. Mientras que la remoción no fue tan efectiva para grasas y sólidos totales.

## ABSTRACT

The ash, a waste from the sugar industry, produced by CoopeVictoria R.L. were proved to evaluate their absorb effect of several quality control parameters of wastewater from the coffee industry at the same cooperative. Six preliminary trials were made to evaluate and specify the ash amount, the retention time and the material behavior on the sewage water. To the evaluation of the four trials a oxidation lagoons system were designed in the investigation, getting to poke a maximum of 82% of organic matter, with a 8 kg/m<sup>3</sup> ash dose, a 14 days retention time and a 4-5 pH at 20°C. The color and muddiness change over an 84% and 92% respectively. The fat and total solids were not efficiently removed.

## INTRODUCCION

El cultivo e industrialización del café en Costa Rica es una actividad muy importante como fuente de ingresos, sin embargo la dimensión del problema de contaminación ambiental que origina esta actividad ha obligado a todos los sectores involucrados a investigar a fondo sus consecuencias y a implementar métodos eficientes y económicos de control (Clevés, 1998; Instituto del Café de Costa Rica, 2000).

CoopeVictoria R.L., como empresa pionera en la industrialización del azúcar y el café, busca nuevas alternativas para el control de la contaminación del agua, acordes a nuestra realidad nacional y explora soluciones

prácticas para manejar sus desechos, especialmente el bagazo, la cachaza y la ceniza.

El uso de ceniza en el tratamiento de aguas residuales ha tenido una aplicación directa para lograr la remoción de diferentes sustancias, tales como materia orgánica, compuestos orgánicos, productos químicos, sustancias tóxicas entre otras (Fair & Geyer, 2001).

Es por ello que bajo este concepto se presenta el siguiente trabajo, para evaluar un material de desecho, como lo es la ceniza generada por un ingenio azucarero, en cuanto a su capacidad como adsorbente para eliminar contaminantes de las aguas residuales de beneficiado de café.

La investigación que se presenta se llevó a cabo de octubre del 2005 a febrero del 2006, con el objetivo de

evaluar la utilización de cenizas generadas por el Ingenio Azucarero de CoopeVictoria R. L. en el tratamiento de las aguas residuales del Beneficio de Café de la misma empresa. Durante el estudio se simuló un sistema de lagunas de oxidación evaluándose distintas dosis de ceniza y tiempos de retención para tratar diferentes cargas orgánicas. Se determinó que con un tiempo de retención de 14 días y con un rango de pH entre 4 y 5 se logra una remoción de materia orgánica de 68% para una dosis de ceniza de 8 kg/m<sup>3</sup>.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Desarrollar y evaluar un sistema de tratamiento por lagunas de oxidación utilizando la ceniza generada por el Ingenio Azucarero de CoopeVictoria R.L. para evaluar el efecto en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales del Beneficio de Café de la misma empresa.

### Objetivos específicos

- Determinar y evaluar la dosis de ceniza de bagazo y el tiempo de retención que puede emplearse para dar tratamiento a las aguas residuales de beneficio de café.
- Establecer las eficiencias del sistema desarrollado en términos de la materia orgánica removida, para determinar la efectividad del tratamiento.
- Evaluar el comportamiento del sistema desarrollado en términos de los principales parámetros, tales como: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Totales (ST), Sólidos Sedimentables (Ssed), potencial de hidrógeno (pH), Temperatura, Color y Turbiedad, para determinar la calidad del efluente del tratamiento evaluado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Beneficio de Café de CoopeVictoria R. L. durante los meses de octubre del 2005 a febrero del 2006, con el interés de evaluar el comportamiento de algunos parámetros de control al emplear la ceniza generada por el Ingenio Azucarero de la misma empresa para el tratamiento de dichas aguas.

A continuación se describe la metodología empleada.

Durante el estudio se realizaron seis ensayos preliminares para evaluar y determinar los tiempos de retención y las dosis de ceniza de bagazo a utilizar por

metro cúbico de agua residual a tratar. Para los ensayos preliminares se utilizaron volúmenes de 15 y 50 litros de agua residual, con tiempos de retención de 1, 2 y 10 días y con dosis de ceniza de 4 a 10 gramos por litro de agua residual.

Se evaluaron el pH, la temperatura, los sólidos sedimentables, el color y la turbiedad, tanto al inicio como al final de los ensayos, también se determinaron estos parámetros en días intermedios al tiempo de retención total.

Con base en los ensayos preliminares se montaron cuatro ensayos con tiempos de retención de 12 y 14 días y con dosis de ceniza de 8, 12 y 18 gramos por litro (kilogramo por metro cúbico) de agua residual. Utilizando volúmenes de 50 litros de agua residual. Todos los tratamientos fueron realizados por duplicado.

El influente y efluente en cada uno de los ensayos fueron evaluados en términos de los siguientes parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Totales (ST) y Sólidos Sedimentables (Ssed).

La Temperatura y el Potencial Hidrógeno (pH) fueron determinados dos veces por día durante el período del ensayo. Para la medición de pH se utilizó un pHmetro marca ATAGO modelo DPH-1, y la temperatura se midió utilizando un termómetro simple de mercurio.

El color y la turbiedad fueron determinados tanto del influente y efluente, como en períodos intermedios del tiempo de retención total. Ambos parámetros fueron medidos utilizando un colorímetro marca LaMotte.

Para la Demanda Química de Oxígeno se usó un espectrofotómetro HACH modelo DRL2000. El oxígeno disuelto se midió con un medidor de oxígeno YSI modelo 57 con electrodo de membrana marca Yellow Spring Company.

Todos los análisis, excepto la Demanda Química de Oxígeno fueron realizados de acuerdo con las técnicas para aguas residuales del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan y discuten los resultados del estudio realizado en CoopeVictoria R. L. al utilizar la ceniza como adsorbente en el tratamiento de aguas residuales del beneficio de café. Se presenta el comportamiento de los parámetros físicos y químicos de control evaluados durante los bioensayos: pH, temperatura, color, turbiedad, sólidos totales, sólidos sedimentables, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno y grasas y aceites, así como sus remociones.

El cuadro 1 resume **la remoción y comportamiento del color** durante los cuatro ensayos al utilizar dosis de ceniza de 8, 12 y 18 kg/m<sup>3</sup> ajustando para algunos tratamientos el pH inicial con cal, con un tiempo de retención

de 12 y 14 días. La remoción de color fue prácticamente la misma en el efluente final de todas las dosis de ceniza utilizadas, incluso para los casos en donde se ajustó o no el pH inicial, presentándose un aumento en la remoción del color conforme transcurrió el tiempo de contacto, inclusive en los ensayos de control, los cuales fueron evaluados en todos los casos sin la adición de ceniza. Se encontró que para todos los tratamientos con ceniza la remoción del color ocurrió en porcentajes mayores que en los ensayos de control. Para el séptimo día en los ensayos de control se presentó una remoción promedio de 69%, mientras que para los tratamientos con ceniza con dosis de 8 kg/m<sup>3</sup> y 12 kg/m<sup>3</sup>, sin ajuste de pH inicial la remoción promedio fue de 74 y 77%, respectivamente y para los tratamientos con dosis de ceniza de 8 kg/m<sup>3</sup> y 12 kg/m<sup>3</sup>, con ajuste de pH inicial, la remoción promedio del color fue de 90 y 94%, correspondientemente.

Para el efluente del tratamiento, los ensayos de control presentaron una remoción promedio del color de 78%. Los tratamientos con una dosis de 8 kg/m<sup>3</sup> de ceniza a los cuales no se les ajustó el pH inicial con cal, la remoción promedio del color fue de 91% y para los tratamientos con esta misma dosis pero que se les ajustó el pH inicial con cal fue de 89%. En los tratamientos con una dosis de 12 kg/m<sup>3</sup> de ceniza la remoción promedio del color fue de 93%, tanto para los que se les ajustó el pH inicial como para los que no. Para los tratamientos con dosis de

18 kg/m<sup>3</sup> de ceniza, con y sin ajuste de pH inicial, la remoción del color fue de 91 y 90% respectivamente. Tante-sapya *et al.* (2004), reportan que al utilizar dos clases de ceniza obtenidas de diferentes materiales y a diferentes temperaturas de combustión, se obtiene una remoción del color de 89 a 93% para la ceniza blanca y 42,2% para la ceniza negra, utilizando 20 gramos por cada litro de agua residual y diferentes tiempos de contacto.

La **turbiedad** se presenta en el cuadro 2. Se observa que para el efluente este parámetro no presentó diferencias para las dosis de ceniza empleadas, incluso para los casos en donde se ajustó o no el pH inicial, ya que la eficiencia de remoción de la turbiedad aumentó al aumentar los días de contacto, presentándose para el séptimo día un promedio de remoción de la turbiedad para los ensayos de control de 74% y para los tratamientos con dosis de 8 kg/m<sup>3</sup> y 12 kg/m<sup>3</sup> de ceniza, sin ajuste de pH inicial la remoción promedio de la turbiedad fue de 77 y 78%, respectivamente mientras que para los tratamientos con dosis de ceniza de 8 kg/m<sup>3</sup> y 12 kg/m<sup>3</sup>, con ajuste de pH inicial, la remoción promedio de la turbiedad fue de 91 y 92%, correspondientemente.

En el efluente del tratamiento, los ensayos de control presentaron una remoción promedio de la turbiedad de 80%. Los tratamientos con una dosis de 8 y 12 kg/m<sup>3</sup> de ceniza a los cuales no se les ajustó el pH inicial con cal, la remoción promedio de la turbiedad fue de 93% y para



**Figura 1.** Efluente de los ensayos 3 y 4, con cargas orgánicas superficiales de 4400 y 4474 kg DQO/día.Ha, respectivamente y con tiempo de retención de 14 días. La fotografía A muestra el efluente final para el ensayo 3 y la B para el ensayo 4. En ambas se presentan de izquierda a derecha: Ensayo de control 1, ensayo de control 2, y luego los tratamientos con ceniza con dosis de 8 kg/m<sup>3</sup>, con dosis de 8 kg/m<sup>3</sup> con pH inicial ajustado con cal, con dosis de 12 kg/m<sup>3</sup> y por último el tratamiento con 12 kg/m<sup>3</sup> con pH inicial ajustado con cal.

los tratamientos con estas mismas dosis pero que se les ajustó el pH inicial con cal fue de 91% de remoción. Para los tratamientos con dosis de 18 kg/m<sup>3</sup> de ceniza, con y sin ajuste de pH inicial, la remoción de la turbiedad fue de 91 y 90% respectivamente.

Las altas eficiencias logradas tanto para el color como para la turbiedad indican una buena remoción de materia coloidal en suspensión, principalmente orgánica.

Las siguientes fotografías muestran el efluente a un tiempo de retención de 14 días para el ensayo 3 y 4, con cargas orgánicas superficiales de 4400 y 4474 kg DQO/día.Ha, respectivamente.

Los resultados de los **sólidos totales y sedimentables** se indican en el cuadro 3, puede observarse que para los **sólidos sedimentables** se obtienen porcentajes de eficiencia promedio de 97% para el tratamiento con ceniza, incluyendo a los ensayos de control.

Para los ensayos (2, 3 y 4) con cargas orgánicas superficiales de 4444; 4400 y 4474 kg DQO/día.Ha, la mayor remoción de **sólidos totales** se presentó para los

tratamientos con ceniza y para los ensayos de control en donde no se ajustó el pH inicial del agua, sino que por el contrario se mantuvo cierto grado de acidez, alcanzándose para los tratamientos con ceniza sin ajustar el pH inicial una remoción promedio de sólidos totales de 60% y para los ensayos de control en los cuales no se ajustó el pH del agua 64%. Para el ensayo (1) aplicando una carga orgánica superficial de 3807 kg DQO/día.Ha, los tratamientos con dosis de 12 y 18 kg/m<sup>3</sup> de ceniza en los cuales se agregó 0,1 g/L de cal, presentaron la mayor remoción de sólidos totales, 53% en promedio, mientras que los tratamientos con ceniza a los cuales no se les adicionó cal la remoción promedio de sólidos totales fue de 43%. Para el ensayo de control la remoción promedio de sólidos totales fue de 52%.

Para los sólidos sedimentables y totales no se encontraron diferencias de remoción entre los ensayos de control y el tratamiento con ceniza debido a que al adicionar la ceniza, la cual es sólida, contribuye a aumentar los sólidos en los tratamientos.

CUADRO 1

Remoción del color durante el tratamiento de las aguas residuales del Beneficio de Café de CoopeVictoria R.L. al aplicar diferentes cargas, dosis de ceniza y tiempos de retención.

Ensayo	Carga Orgánica Superficial (kgDQO/día.Ha)	Tratamiento	Color (UPT/Co)								
			Entrada	Día 5	Eficiencia (%)	Día 7	Eficiencia (%)	Día 12	Eficiencia (%)	Salida	Eficiencia (%)
1		Control 1	5369	2195	59	1775	67	2065	62	1775	67
	3807	Control 2	5537	2060	63	1890	66	2090	62	895	84
	3807	12 kg/m <sup>3</sup>	5495	1795	67	1395	75	865	84	530	90
	3807	12 kg/m <sup>3**</sup>	5397	1895	65	500	91	295	95	375	93
	3807	18 kg/m <sup>3</sup>	4879	1590	67	790	84	370	92	510	90
	3807	18 kg/m <sup>3**</sup>	5103	1940	62	785	85	390	92	465	91
	3807	Control 1	8920	-	-	2980	67	-	-	2440	73
2	4444	Control 2	9980	-	-	4010	60	-	-	3205	68
	4444	8 kg/m <sup>3</sup>	8240	-	-	2695	67	-	-	1050	87
	4444	8 kg/m <sup>3*</sup>	9410	-	-	1350	86	-	-	935	90
	4444	12 kg/m <sup>3</sup>	11760	-	-	3125	73	-	-	1090	91
	4444	12 kg/m <sup>3*</sup>	10776	-	-	675	94	-	-	1105	90
	4444	Control 1	10608	2580	76	2225	79	-	-	1245	88
3	4400	Control 2	8736	2190	75	2095	76	-	-	2190	75
	4400	8 kg/m <sup>3</sup>	8724	2205	75	2435	72	-	-	750	91
	4400	8 kg/m <sup>3*</sup>	13384	650	95	530	96	-	-	460	97
	4400	12 kg/m <sup>3</sup>	9120	2755	70	2325	75	-	-	625	93
	4400	12 kg/m <sup>3*</sup>	11662	575	95	580	95	-	-	815	93
	4400	Control 1	10608	2580	76	2225	79	-	-	1245	88

CUADRO 1 (Continuación)

Remoción del color durante el tratamiento de las aguas residuales del Beneficio de Café de CoopeVictoria R.L. al aplicar diferentes cargas, dosis de ceniza y tiempos de retención.

Ensayo	Carga Orgánica Superficial (kgDQO/día.Ha)	Tratamiento	Color (Upt/Co)								
			Entrada	Día 5	Eficiencia (%)	Día 7	Eficiencia (%)	Día 12	Eficiencia (%)	Salida	Eficiencia (%)
4		Control 1*	4464	315	93	1035	78	350	92	585	87
	4474	Control 2	5080	1860	63	1925	62	1865	63	1015	80
	4474	8 kg/m <sup>3</sup>	5096	1905	63	845	83	470	91	285	94
	4474	8 kg/m <sup>3*</sup>	5280	800	85	640	88	350	93	1055	80
	4474	12 kg/m <sup>3</sup>	5912	2055	65	830	86	435	93	40	99
	4474	12 kg/m <sup>3*</sup>	5464	1175	79	695	87	460	92	250	95

\* *tratamientos con pH ajustado con cal Fuente: Datos de Campo*

\*\* *tratamientos con 0,1 g/L de cal*

CUADRO 2

Remoción de la turbiedad durante el tratamiento de las aguas residuales del Beneficio de Café de CoopeVictoria R.L. al aplicar diferentes cargas, dosis de ceniza y tiempos de retención.

Ensayo	Carga Orgánica Superficial (kgDQO/día.Ha)	Tratamiento	Turbiedad (NTU)								
			Entrada	Día 5	Eficiencia (%)	Día 7	Eficiencia (%)	Día 12	Eficiencia (%)	Salida	Eficiencia (%)
1		Control 1	735	295	60	220	70	235	68	200	73
	3807	Control 2	735	250	66	230	69	280	62	125	83
	3807	12 kg/m <sup>3</sup>	791	250	68	195	75	90	89	65	92
	3807	12 kg/m <sup>3**</sup>	700	250	64	65	91	30	96	30	96
	3807	18 kg/m <sup>3</sup>	672	200	70	85	87	55	92	70	90
	3807	18 kg/m <sup>3**</sup>	714	245	66	95	87	55	92	65	91
	4444	Control 1	1230	-	-	405	67	-	-	340	72
2	4444	Control 2	1570	-	-	545	65	-	-	400	75
	4444	8 kg/m <sup>3</sup>	1130	-	-	385	66	-	-	140	88
	4444	8 kg/m <sup>3*</sup>	1300	-	-	180	86	-	-	110	92
	4444	12 kg/m <sup>3</sup>	1680	-	-	410	76	-	-	145	91
	4444	12 kg/m <sup>3*</sup>	1428	-	-	95	93	-	-	130	91
	4400	Control 1	1464	335	77	285	81	-	-	180	88
	4400	Control 2	1128	310	73	280	75	-	-	280	75
3	4400	8 kg/m <sup>3</sup>	1164	280	76	285	76	-	-	90	92
	4400	8 kg/m <sup>3*</sup>	1750	95	95	55	97	-	-	60	97
	4400	12 kg/m <sup>3</sup>	1236	365	70	300	76	-	-	75	94
	4400	12 kg/m <sup>3*</sup>	1624	80	95	60	96	-	-	105	94

CUADRO 2 (Continuación)

Remoción de la turbiedad durante el tratamiento de las aguas residuales del Beneficio de Café de CoopeVictoria R.L. al aplicar diferentes cargas, dosis de ceniza y tiempos de retención.

Ensayo	Carga Orgánica		Turbiedad (NTU)								
	Superficial (kgDQO/día.Ha)	Tratamiento	Entrada	Día 5	Eficiencia (%)	Día 7	Eficiencia (%)	Día 12	Eficiencia (%)	Salida	Eficiencia (%)
4	4474	Control 1*	656	50	92	70	89	40	94	65	90
	4474	Control 2	720	245	66	200	72	245	66	120	83
	4474	8 kg/m <sup>3</sup>	696	260	63	85	88	60	91	30	96
	4474	8 kg/m <sup>3*</sup>	736	95	87	75	90	65	91	125	83
	4474	12 kg/m <sup>3</sup>	768	245	68	110	86	70	91	40	95
	4474	12 kg/m <sup>3*</sup>	672	145	78	90	87	70	90	250	63

Fuente: datos de campo

\* tratamientos con pH ajustado con cal

\*\* tratamientos con 0,1 g/L de cal

La **remoción de la materia orgánica** en términos de la **Demanda Química de Oxígeno** se presenta en el cuadro 4. Los valores de entrada van de los 2050 a los 2416 mg/L, con un promedio de 2312 mg/L.

En el ensayo (1) con carga orgánica superficial de 3807 kg DQO/día.Ha, los tratamientos evaluados con una dosis de ceniza de 12 kg/m<sup>3</sup> presentaron una remoción mayor de materia orgánica que los tratamientos con dosis de 18 kg/m<sup>3</sup> de ceniza. Para los tratamientos con 12 kg/m<sup>3</sup> de ceniza la remoción de materia orgánica promedio en términos de DQO fue de 67%, mientras que para los tratamientos con 18 kg/m<sup>3</sup> de ceniza resultó de 62%.

Del cuadro 4 puede desprenderse que para los ensayos (2, 3 y 4) con cargas orgánicas superficiales de 4444, 4400 y 4474 kg DQO/día.Ha, la mayor remoción de materia orgánica en términos de DQO ocurrió para los tratamientos con una dosis de 8 kg/m<sup>3</sup> de ceniza que se mantuvieron en un rango de pH ácido (4-5), para estos tratamientos la remoción de materia orgánica promedio fue de 68%. Mientras que para los tratamientos con la misma dosis de ceniza (8 kg/m<sup>3</sup>) a los cuales se les ajustó el pH inicial con cal la remoción de materia orgánica promedio en términos de DQO fue de 41%.

En los tratamientos con una dosis de 12 kg/m<sup>3</sup> de ceniza sin ajustar el pH inicial, se obtuvo una remoción de materia orgánica promedio en términos de DQO de 65%. Los tratamientos con la misma dosis a los cuales se les ajustó el pH inicial con cal la remoción de materia orgánica promedio fue de 48%.

Sahu *et al.* (2001), reportan una eficiencia final de remoción de materia orgánica en términos de DQO de 87,89%. La diferencia se presenta en cuanto a la

concentración inicial de Demanda Química de Oxígeno y el diseño del sistema de tratamiento evaluado; ya que en este trabajo se emplearon valores iniciales mucho más elevados, pero Sahu *et al.* (2001), reportan menores tiempos de contacto con dosis de ceniza y velocidades de agitación muy altas.

Además, Tantemsapya *et al.* (2004), reportan que al utilizar dos clases de ceniza obtenidas de diferentes materiales y a diferentes temperaturas de combustión, se obtiene una remoción de materia orgánica en términos de DQO de 66 a 70% para la ceniza blanca y de un 30% para la ceniza negra, utilizando 20 gramos por cada litro de agua residual a diferentes tiempos de contacto.

El cuadro 5 muestra el **comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno** para los ensayos (2, 3 y 4) con cargas orgánicas superficiales de 4444; 4400 y 4474 kg DQO/día.Ha, con un tiempo de retención de siete días. Se observa que la mayor remoción de materia orgánica la presentaron los tratamientos con 12 kg/m<sup>3</sup> de ceniza sin ajuste inicial de pH, los cuales lograron 51% de remoción promedio de materia orgánica y un máximo de 60%. Para esta misma dosis de ceniza (12 kg/m<sup>3</sup>) pero ajustando el pH inicial del agua residual con cal se logra una remoción de materia orgánica promedio de 37% y máxima de 64%. Para los tratamientos con dosis de ceniza de 8 kg/m<sup>3</sup> sin ajustar el pH inicial, la máxima remoción de materia orgánica fue de 55% y en promedio fue de 33%. Los tratamientos con esta misma dosis y ajuste de pH inicial lograron una remoción de materia orgánica promedio de 27%.

Para un tiempo de retención de siete días las mayores remociones de materia orgánica se presentan en los tratamientos con dosis de 12 kg/m<sup>3</sup> de ceniza, mientras

CUADRO 3

Remoción de los sólidos totales y sedimentables obtenida para el efluente del tratamiento de las aguas residuales del Beneficio de Café de CoopeVictoria R.L. al aplicar diferentes cargas y dosis de ceniza.

Ensayo	Carga Orgánica Superficial (kgDQO/día.Ha)	Tratamiento	Sólidos Totales (mg/L)			Sólidos Sedimentables (ml/L)			
			Entrada	Salida	Eficiencia (%)	Entrada	Salida	Eficiencia (%)	
1	3807	Control		1500	52				
	3807	12 kg/m <sup>3</sup>		1733	44				
	3807	12 kg/m <sup>3**</sup>	3100	1533	51	60	menor a 1	mayor a 98	
	3807	18 kg/m <sup>3</sup>		1800	42				
	3807	18 kg/m <sup>3**</sup>		1400	53				
			Control		2000	62			
2	4444	8 kg/m <sup>3</sup>		1867	63				
	4444	8 kg/m <sup>3*</sup>	5300	3733	30	50	menor a 1	mayor a 98	
	4444	12 kg/m <sup>3</sup>		2267	57				
	4444	12 kg/m <sup>3*</sup>		3200	40				
			Control		1667	68			
			8 kg/m <sup>3</sup>		1400	73			
3	4400	8 kg/m <sup>3*</sup>	5200	4000	23	20	menor a 1	mayor a 95	
	4400	12 kg/m <sup>3</sup>		1733	67				
	4400	12 kg/m <sup>3*</sup>		3400	35				
			Control 1*		2400	14			
	4474	Control 2		1100	61				
	4474	8 kg/m <sup>3</sup>		1500	46				
4	4474	8 kg/m <sup>3*</sup>	2800	1800	36	125	menor a 1	mayor a 99	
	4474	12 kg/m <sup>3</sup>		1400	50				
	4474	12 kg/m <sup>3*</sup>		2800	0				
			Promedio	4100	2106		64		

\* tratamientos con pH ajustado con cal Fuente: Datos de Campo

\*\* tratamientos con 0,1 g/L de cal

que en el efluente de los ensayos son los tratamientos con dosis de 8 kg/m<sup>3</sup> los que presentan las eficiencias mayores. Cabe recordar que el tratamiento de aguas residuales por sistemas de lagunas de oxidación conlleva toda una serie de pasos en los cuales la materia orgánica se va degradando y formando otra clase de materia de menor tamaño hasta obtener finalmente agua, metano y dióxido de carbono, por lo que debe considerarse al menos 8 días o más de tratamiento para obtener un efluente de mayor calidad en cuanto a remoción de materia orgánica se refiere.

En el cuadro 6 se indican los resultados obtenidos para la **Demanda Bioquímica de Oxígeno**, se observa que dicho parámetro sigue un comportamiento similar a la Demanda Química de Oxígeno. Para el ensayo (1) con carga orgánica superficial de 3807 kg DQO/día.Ha, los tratamientos con ceniza presentaron una remoción mayor de materia orgánica en términos de DBO que los ensayos de control, resultando una remoción promedio de 61% para los tratamientos con ceniza y de 39% para los ensayos de control.

CUADRO 4

Remoción de la materia orgánica (DQO) obtenida para el efluente del tratamiento de las aguas residuales del Beneficio de Café de CoopeVictoria R.L. al aplicar diferentes cargas y dosis de ceniza.

Ensayo	Carga Orgánica Superficial (kgD-QO/día.Ha)	Tratamiento	DQO (mg/L)		
			Entrada	Salida	Eficiencia (%)
1	3807	Control		905	56
	3807	12 kg/m <sup>3</sup>		720	65
	3807	12 kg/m <sup>3**</sup>	2055	650	68
	3807	18 kg/m <sup>3</sup>		717	65
	3807	18 kg/m <sup>3**</sup>		855	58
	2	4444	Control		1945
4444		8 kg/m <sup>3</sup>		1085	55
4444		8 kg/m <sup>3*</sup>	2400	1665	31
4444		12 kg/m <sup>3</sup>		1485	38
4444		12 kg/m <sup>3*</sup>		1020	58
3		4400	Control		1616
	4400	8 kg/m <sup>3</sup>		190	92
	4400	8 kg/m <sup>3*</sup>	2376	1360	43
	4400	12 kg/m <sup>3</sup>		216	91
	4400	12 kg/m <sup>3*</sup>		1600	33
	4	4474	Control 1*		844
4474		Control 2		1164	52
4474		8 kg/m <sup>3</sup>	2416	1044	57
4474		8 kg/m <sup>3*</sup>		1240	49
4474		12 kg/m <sup>3</sup>		848	65
4474		12 kg/m <sup>3*</sup>		1148	52
<b>Promedio</b>			2312		

Fuente: datos de campo

\* tratamientos con pH ajustado con cal

\*\* tratamientos con 0,1 g/L de cal

Para los ensayos (2, 3 y 4) con cargas orgánicas superficiales de 4444, 4400 y 4474 kg DQO/día.Ha, la mayor remoción de materia orgánica en términos de DBO la presentaron los tratamientos con dosis de 8 y 12 kg/m<sup>3</sup> de ceniza manteniéndose en un rango de pH de 4-5, para estos tratamientos la remoción de materia orgánica promedio fue de 62 y 68%, respectivamente. Mientras que para los tratamientos a los que se les ajustó el pH inicial con cal, la remoción de materia orgánica en términos de DBO fue del 60% para la dosis de 8 kg/m<sup>3</sup> y de 59% para la dosis de 12 kg/m<sup>3</sup> de ceniza.

CUADRO 5

Comportamiento de la materia orgánica (DQO) con un tiempo de retención de siete días del tratamiento de las aguas residuales del Beneficio de Café de CoopeVictoria R.L. al aplicar diferentes cargas y dosis de ceniza.

Ensayo	Carga Orgánica Superficial (kgDQO/día.Ha)	Tratamiento	DQO (mg/L) al día 7	Eficiencia (%)
4444	8 kg/m <sup>3</sup>	3440	0	
4444	8 kg/m <sup>3*</sup>	2120	12	
4444	12 kg/m <sup>3</sup>	1530	36	
4444	12 kg/m <sup>3*</sup>	2808	0	
3	4400	Control	2124	11
	4400	8 kg/m <sup>3</sup>	1060	55
	4400	8 kg/m <sup>3*</sup>	1524	36
	4400	12 kg/m <sup>3</sup>	956	60
	4400	12 kg/m <sup>3*</sup>	1260	47
	4	4474	Control 1*	1797
4474		Control 2	632	74
4474		8 kg/m <sup>3</sup>	1326	45
4474		8 kg/m <sup>3*</sup>	1587	34
4474		12 kg/m <sup>3</sup>	1056	56
4474		12 kg/m <sup>3*</sup>	880	64

\*tratamientos con pH ajustado con cal Fuente: datos de campo

Para los tratamientos con dosis de 8 y 12 kg/m<sup>3</sup>, las remociones de materia orgánica en términos de DQO y DBO fueron mayores para los tratamientos donde el pH inicial no se ajustó con cal, lo que indica que la mayor capacidad de adsorción de la ceniza para lograr la disminución de estos parámetros contaminantes se encuentra en rangos de pH ácidos que van de 4 a 5 (Cuadro 8).

La ceniza de bagazo actúa como un adsorbente de la materia orgánica debido a que las sales y óxidos metálicos en presencia de alcalinidad natural se hidrolizan y forman hidróxidos metálicos. Los cuales se caracterizan por ser buenos adsorbentes. Estos hidróxidos forman en la superficie capas monomoleculares que hacen que la materia orgánica suspendida se una y logre ser removida por conglomerarlas y por último precipitarlas (Sahu *et al.*, 2001).

Un factor determinante para que la ceniza actúe como adsorbente lo constituye el tamaño de partícula que posea, ha sido observado en otras investigaciones que el grado de adsorción disminuye al incrementar el tamaño de partícula. Por lo tanto, partículas pequeñas

aumentan el área superficial de contacto del adsorbente y esto por ende aumenta su capacidad de adsorción (Gupta & Ali, 2001; Gupta *et al.*, 2003; Sahu *et al.*, 2001).

Un aspecto a considerar, para que la ceniza actúe como buen adsorbente lo constituye la distribución de las partículas de materia orgánica en el agua residual, ya que una distribución homogénea de ellas contribuiría a agilizar el proceso de adsorción (Sahu *et al.*, 2001).

Las cargas orgánicas superficiales utilizadas se muestran en todos los cuadros presentados. La mayor carga orgánica superficial utilizada fue de 4474 kg DQO/día.Ha y la menor de 3807 kg DQO/día.Ha, para un promedio de 4281 kg DQO/día.Ha. Estos datos representan cargas orgánicas superficiales bastante altas para sistemas de lagunas de oxidación.

El comportamiento de la **temperatura** durante el tratamiento de las aguas residuales del Beneficio de Café de CoopeVictoria R.L. se presenta en el cuadro 7.

La temperatura constituye un factor muy importante en el tratamiento de aguas residuales porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción que ocurren en el agua residual, así como el desarrollo óptimo de la actividad bacteriana (Crites & Tchobanoglous, 2000). En el tratamiento con ceniza la temperatura promedio fue 20 °C, no alcanzándose temperaturas extremas (superiores a los 40 °C o menores de 15 °C) que pudieran perjudicar el proceso de adsorción sino que por el contrario, las temperaturas conseguidas coinciden con las reportadas por Lin & Yang (2002), quienes a 25 °C, lograron remover 7.5 mg de DQO.

El cuadro 8 muestra el comportamiento del **pH** durante los tratamientos con diferentes dosis de ceniza y ajustando el pH inicial con cal en algunos tratamientos. Como se indicó anteriormente las mayores remociones de materia orgánica en términos tanto de Demanda Química como de Bioquímica de Oxígeno fueron obtenidas al mantener rangos de pH de 4 a 5.

Estos resultados coinciden con los reportados por otros autores quienes confirman que en rangos de pH ácido la capacidad de adsorción de la ceniza se ve mejorada (Lin & Yang, 2002; Tantemsapya *et al.*, 2004; Viraraghavan & Dronamraju, 1993).

Asimismo, Sahu *et al.* (2001), reportan que con rangos altos de pH la capacidad de adsorción se reduce, debido posiblemente a la abundancia de iones hidroxilo (OH-) presentes, los cuales dificultan la difusión de iones orgánicos hacia la superficie del adsorbente. Mientras que a pH bajos hay un número mayor de iones hidronio (H+), los cuales neutralizan la carga negativa de la superficie del adsorbente, reduciendo el impedimento para que los iones orgánicos puedan difundirse hacia dicho lugar.

Para cada día se realizaron dos lecturas, una en la mañana (columna de la derecha) y la otra en la tarde (columna de la izquierda)

CUADRO 6

Remoción de la materia orgánica (DBO) obtenida para el efluente del tratamiento de las aguas residuales del Beneficio de Café de CoopeVictoria R.L. al aplicar diferentes cargas y dosis de ceniza.

Ensayo	Carga Orgánica Superficial (kgDQO/día.Ha)	Tratamiento	DBO (mg/L)		
			Entrada	Salida	Eficiencia (%)
1	3807	Control		742	39
	3807	12 kg/m <sup>3</sup>		462	62
	3807	12 kg/m <sup>3**</sup>	1208	436	64
	3807	18 kg/m <sup>3</sup>		498	59
	3807	18 kg/m <sup>3**</sup>		522	57
	4444	Control		1178	21
2	4444	8 kg/m <sup>3</sup>		571	62
	4444	8 kg/m <sup>3*</sup>	1500	Eliminado	-
	4444	12 kg/m <sup>3</sup>		741	51
	4444	12 kg/m <sup>3*</sup>		530	65
	4400	Control		1050	28
3	4400	8 kg/m <sup>3</sup>		Eliminado	-
	4400	8 kg/m <sup>3*</sup>	1467	680	54
	4400	12 kg/m <sup>3</sup>		190	87
	4400	12 kg/m <sup>3*</sup>		727	50
	4474	Control 1*		762	50
	4474	Control 2		760	50
4	4474	8 kg/m <sup>3</sup>	1510	574	62
	4474	8 kg/m <sup>3*</sup>		526	65
	4474	12 kg/m <sup>3</sup>		520	66
	4474	12 kg/m <sup>3*</sup>		589	61

\* tratamientos con pH ajustado con cal Fuente: datos de campo

\*\* tratamientos con 0,1 g/L de cal

## CONCLUSIONES

- La ceniza volante representa una opción para facilitar el tratamiento de aguas residuales de café aplicando una dosis de 8 kg de ceniza por metro cúbico de agua residual a tratar.
- El sistema implementado demostró ser eficiente aplicando cargas orgánicas superficiales altas que varían de 3807 a 4474 kg DQO/día.Ha.
- La eficiencia del sistema de tratamiento con cenizas disminuye al aumentar la carga orgánica superficial y al agregar cal.
- La ventaja de usar ceniza en lugar de cal es que la ceniza actúa como generador de alcalinidad

**CUADRO 7**  
Comportamiento de la temperatura durante el tratamiento de las aguas residuales del Beneficio de Café de CoopeVictoria al utilizar diferentes cargas orgánicas, dosis de ceniza y tiempos de retención.

Ensayo	Tratamiento	Temperatura (°C)																									
		Entrada	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14												
1	Control 1	19	20	22	18	23	20	23	21	-	21	23	20	23	18	-	18	24	16	24	-	-	17	23	17	22	20
	Control 2	19	20	25	20	24	20	23	21	-	21	25	21	24	19	-	18	26	16	26	-	-	18	26	18	23	23
	12 kg/m <sup>3</sup>	19	20	22	18	23	20	23	21	-	21	23	20	23	18	-	18	24	16	24	-	-	17	23	17	22	20
	12 kg/m <sup>3**</sup>	19	20	27	20	24	20	23	21	-	21	25	21	24	19	-	18	26	16	26	-	-	18	26	18	23	21
	18 kg/m <sup>3</sup>	19	20	22	18	23	20	23	21	-	21	23	20	23	18	-	18	24	16	24	-	-	17	23	17	22	20
	18 kg/m <sup>3**</sup>	19	20	27	20	24	20	23	21	-	21	24	21	24	19	-	18	26	16	26	-	-	18	26	18	23	21
2	Control 1	17	18	25	18	25	19	-	23	-	21	-	20	21	18	-	18	22	-	-	-	-	18	-	-	-	-
	Control 2	17	16	25	18	22	19	-	25	-	22	-	20	23	20	-	19	25	-	-	-	-	19	-	-	-	-
	8 kg/m <sup>3</sup>	17	18	25	18	25	19	-	23	-	21	-	20	21	18	-	18	22	-	-	-	-	18	-	-	-	-
	8 kg/m <sup>3*</sup>	17	16	25	18	22	19	-	25	-	22	-	20	23	20	-	19	25	-	-	-	-	19	-	-	-	-
	12 kg/m <sup>3</sup>	17	18	25	18	25	19	-	23	-	21	-	20	22	18	-	18	22	-	-	-	-	18	-	-	-	-
	12 kg/m <sup>3*</sup>	17	16	25	18	22	19	-	25	-	22	-	20	22	20	-	19	25	-	-	-	-	19	-	-	-	-
3	Control 1	18,5	18	22	-	-	-	-	18	21	17	21	17	22	19	-	-	-	-	-	-	-	19	23	18	24	18
	Control 2	18,5	18	21	-	-	-	-	18	21	17	20	17	21	19	-	-	-	-	-	-	-	19	23	18	22	18
	8 kg/m <sup>3</sup>	18,5	18	21	-	-	-	-	18	20	17	20	17	20	18	-	-	-	-	-	-	-	19	23	18	22	18
	8 kg/m <sup>3*</sup>	20	19	25	-	-	-	-	19	23	18	22	19	23	20	-	-	-	-	-	-	-	19	23	20	25	19
	12 kg/m <sup>3</sup>	18,5	18	21	-	-	-	-	18	21	17	21	17	21	19	-	-	-	-	-	-	-	19	23	18	22	17
	12 kg/m <sup>3*</sup>	20	19	25	-	-	-	-	19	25	18	23	19	23	20	-	-	-	-	-	-	-	19	23	18	25	20
4	Control 1*	18	19	23	19	24	17	-	-	-	18	20	17	22	18	24	17	24	18	23	18	-	-	-	18	23	18
	Control 2	18	20	24	20	27	20	-	-	-	19	21	18	23	19	26	17	26	20	26	20	-	-	-	20	25	20
	8 kg/m <sup>3</sup>	18	19	24	20	27	20	-	-	-	19	21	18	23	19	26	17	26	20	26	20	-	-	-	20	25	20
	8 kg/m <sup>3*</sup>	18	18	23	19	24	17	-	-	-	18	20	17	22	18	24	17	24	18	23	18	-	-	-	18	23	18
	12 kg/m <sup>3</sup>	18	19	24	20	27	20	-	-	-	18	21	18	22	19	26	17	26	20	26	20	-	-	-	20	25	20
	12 kg/m <sup>3*</sup>	18	18	22	18	24	18	-	-	-	18	20	17	23	18	24	17	24	18	23	18	-	-	-	18	23	18

\* tratamientos con pH ajustado con cal; Fuente: Datos de Campo

\*\* tratamientos con 0,1 g/L de cal

- amortiguando los cambios de pH y funciona como adsorbente de contaminantes.
- Durante el tratamiento aplicado se obtuvo remociones de materia orgánica del 68% con un tiempo de retención de 14 días.
- El sistema de tratamiento evaluado removió de manera efectiva y en porcentajes de 91% el color y 93% la turbiedad con una dosis de ceniza de 8 kg/m<sup>3</sup>.
- Las altas remociones de turbiedad, aunadas a las remociones de materia orgánica indican que durante el tratamiento con cenizas hay una alta remoción de sólidos suspendidos.
- El tratamiento con ceniza constituye una alternativa más económica para tratar las aguas residuales del beneficiado de café, ya que por su naturaleza es un material más abundante y de fácil disponibilidad que la aplicación de un tratamiento químico.

CUADRO 8  
Comportamiento del pH durante el tratamiento de las aguas residuales del Beneficio de Café de CoopeVictoria al utilizar diferentes cargas orgánicas, dosis de ceniza y tiempos de retención.

Ensayo	Tratamiento	pH (unidades de pH)													
		Entrada	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14
1	Control 1	3,5	3,2	3,8	3,3	3,1	3,2	3,3	3,5	4,1	4,2	-	4,2	4,1	4,1
	Control 2	3,5	3,4	3,2	3,6	3,2	3,3	3,5	3,9	4,6	4,4	-	4,5	4,5	4,6
	12 kg/m <sup>3</sup>	3,5	3,7	4	4,5	3,7	3,9	4,1	4,4	4,6	4,6	-	4,6	4,6	4,6
	12 kg/m <sup>3**</sup>	3,5	3,5	4	4	4,1	4,4	4,8	4,8	4,8	4,8	-	4,9	4,8	4,8
	18 kg/m <sup>3</sup>	3,5	3,7	4,5	3,6	4,1	4	4,4	4,6	4,7	4,8	-	5	4,9	5
	18 kg/m <sup>3**</sup>	3,7	4	3,7	3,5	4,3	4,6	4,9	4,9	4,7	4,8	-	5	4,9	5
2	Control 1	3,7	4,1	4,1	4,1	4,1	3,6	3,9	3,9	4,1	-	-	4,6	-	-
	Control 2	3,7	3,6	3,6	4	3,8	3,9	4	4,1	4,6	-	-	4,6	-	-
	8 kg/m <sup>3</sup>	3,7	4	4,1	4,1	4,1	4,1	4,4	4,5	4,8	-	-	5	-	-
	8 kg/m <sup>3*</sup>	7	6,2	5,5	5,9	5,6	5,5	5	5,6	5,6	-	-	6,4	-	-
	12 kg/m <sup>3</sup>	3,7	4	4,1	4,1	4,3	4,2	5,6	4,6	4,9	-	-	5,2	-	-
	12 kg/m <sup>3**</sup>	7	6,4	5,7	5,8	6	6,1	6,7	6,5	6,5	-	-	7,1	-	-
3	Control 1	4,1	4	-	-	4,2	4,5	4,5	4,5	-	-	-	4,8	4,7	4,7
	Control 2	3,7	3,6	-	-	3,7	3,8	3,9	3,9	-	-	-	4,4	4,4	4,4
	8 kg/m <sup>3</sup>	3,7	3,9	-	-	4,1	4,2	4,4	4,5	-	-	-	4,7	4,8	4,8
	8 kg/m <sup>3*</sup>	7	6,4	-	-	6,2	6,7	6,4	6	-	-	-	6,5	6,3	6,5
	12 kg/m <sup>3</sup>	3,8	3,9	-	-	4,2	4,6	4,8	5	-	-	-	5,2	5,3	5,3
	12 kg/m <sup>3**</sup>	7	6,3	-	-	6,2	6,6	6,6	6,1	-	-	-	6,4	6,2	6,2
4	Control 1*	4,2	3,8	10,1	9,2	-	6,6	7,1	6,2	6,9	6,9	7,1	-	7,4	7,2
	Control 2	4,4	3,7	3,5	3,6	-	3,9	3,7	3,3	3,8	4,4	4,4	-	4,5	4,6
	8 kg/m <sup>3</sup>	4,3	4	4	4,3	-	4,8	4,7	3,9	4,5	4,8	4,8	-	4,7	4,7
	8 kg/m <sup>3*</sup>	8,3	4,9	4,6	4,8	-	5,8	5,5	5,3	6	6	6,2	-	6,7	7,1
	12 kg/m <sup>3</sup>	4,2	4	4	4,3	-	5	4,9	4,1	5	5	5	-	5,1	5,1
	12 kg/m <sup>3**</sup>	10,8	9,7	6,2	4,9	-	6	6	6,4	6,8	7,1	7,2	-	7,5	7,5

Los datos reportados por día corresponden a un promedio entre la lectura realizada en la mañana y la lectura de la tarde.

Fuente: datos de campo

\* tratamientos con pH ajustado con cal;

\*\* tratamientos con 0,1 g/L de cal

## LITERATURA CITADA

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA) Y WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF). 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA. Washington, US. 1268 p.
2. CLÉVES, R. 1998. Tecnología en Beneficiado de Café. Tecnicafé Internacional S.A. 2da edición. San José, Costa Rica. p. 222.
3. CRITES, R., TCHOBANOGLIOUS, G., 2000. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Traducido por: Millar Camargo y Libia Patricia Pardo. Editorial Mc Graw Hill. p: 776.
4. FAIR, G. Y GEYER, J. 2001. Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. Volumen 2. Editorial LIMUSA. México. 764 p.
5. GUPTA, V. & ALI, I. 2001. Removal of DDD and DDE from wastewater using bagasse fly ash, a sugar industry waste. Depar-

- tment of Chemistry, University of Roorkee, Roorkee, 247667, India. *Water Res.* 2001 Jan;35(1):33-40. <[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list\\_uids=11257890&dopt](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=11257890&dopt)>. (25 Agosto, 2005).
6. GUPTA, V., JAIN, C., ALI, I., SHARMA, M., SAINI, V.. 2003. Removal of cadmium and nickel from wastewater using bagasse fly ash--a sugar industry waste. Department of Chemistry, Indian Institute of Technology, Roorkee, Roorkee 247 667, India. *Water Res.* 2003 Sep;37(16):4038-44. <<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/abstract/2534/ABSTRACT?CRETRY=1&SRETRY=0>>
  7. INSTITUTO DEL CAFE DE COSTA RICA, CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CAFÉ, UNIDAD DE INDUSTRIALIZACIÓN. 2000. Programa de Capacitación en industrialización. San José, Costa Rica.
  8. LIN, C. & YANG D. 2002. Removal of pollutants from wastewater by coal bottom ash. Graduate Institute of Civil and Hydraulic Engineering, Feng Chia University, Taichung, Taiwan. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng.* 2002 Sep;37(8):1509-22. <[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list\\_uids=12369642&dopt](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=12369642&dopt)>. (14 Setiembre, 2005).
  9. SAHU, V. DAHIYA, R., GAGGIL, D. 2001. Fly ash based low cost method for COD removal from domestic waste water. Center for Energy Studies Indian Institute of Technology, New Delhi. <<http://www.gisdevelopment.net/application/nrm/water/quality/watq0004.htm>>. (25 Agosto, 2005).
  10. TANTEM SAPYA, N., WIROJANAGUD, M., SAKOLCHAI, S. 2004. Removal of color, COD and lignin of pulp and paper wastewater using wood ash. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 2004, 26(Suppl. 1) : 1-12. <<http://www2.psu.ac.th/PresidentOffice/EduService/journal/envi/01-wastewater-paper.pdf>>. (25 Agosto, 2005).
  11. VIRARAGHAVAN, T., y DRONAMRAJU, M. 1993. Use of Fly Ash in the Removal of Copper, Nickel and Zinc from Wastewater. Faculty of Engineering, University of Regina, Regina, Saskatchewan S4S 0A2 *Water Pollution Research Journal of Canada*, 28(2): 369-384 (1993). <<http://www.cciw.ca/wqrjc/28-2/28-2-369.htm>>. (25 Agosto, 2005).

## EL MANEJO DE SUELOS Y LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE CAÑA DE AZÚCAR

*Roberto Azofeifa Rodríguez.<sup>a\*</sup>*

*Oscar Gómez Vega<sup>b\*\*</sup>.*

### RESUMEN

En el marco de la sostenibilidad de la producción agropecuaria, el manejo del suelo y la protección de los recursos naturales son aspectos que requieren especial atención para que los resultados sean los más convenientes, tanto para los intereses de los productores, las comunidades donde se lleva a cabo la producción y los consumidores de los productos. Desde el punto de vista del manejo del suelo y protección del agua y la vida, los desafíos mayores que enfrenta la producción de caña de azúcar para lograr la sostenibilidad, están el campo de las tecnologías para mejorar las funciones ecológicas del suelo y la biodiversidad de las fincas, así como en el campo de las tecnologías para mejorar el ingreso neto de la actividad. Son muy importantes aspectos como: uso de rastrojos, labranza mínima, mejoramiento de las características biofísicas y químicas del suelo, disminución de la erosión, protección de nacientes y cursos de agua y arborización de fincas. En el cultivo de caña de azúcar en Costa Rica, experiencias innovadoras muestran importantes avances en cuanto al manejo sostenible. Cañales manejados con rastrojo y sistema de mínima labranza, comparados con cañales quemados y con labranza convencional, permiten mayor infiltración del agua en el suelo, mayor cobertura protección y mejoramiento del suelo, menor uso de agroquímicos y mayor desarrollo y duración de la plantación.

### ENFOQUES EN LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

El enfoque corriente y dominante en el mundo sobre la producción agropecuaria, es un enfoque mecánico que se basa en relaciones lineales y el supuesto de que el todo representa la suma de las partes. Considera que los recursos son infinitos y que hay una fuente permanente de tecnologías de reemplazo. Este enfoque no exige la existencia de sociedades e interdependencias ecológicas dentro de una misma comunidad vibrante. El aspecto cuantitativo del crecimiento es un componente fundamental de este enfoque. Hay un flujo creciente de materia y energía para la producción de bienes y servicios para una economía basada en el crecimiento de la población y el consumo (Miller, 2000, citado por Bird W.G., 2003).

Un enfoque alternativo, es el ecológico. Es un sistema cíclico basado en el supuesto de que los recursos son

finitos y que el todo es más grande que la suma de las partes. Se caracteriza por interdependencia entre las partes y asociaciones locales, patrones cíclicos de organización, componentes de sistemas con funciones que se traslapan y potencian y existencia de una comunidad vibrante (Capra, 1996, citado por Bird W.G., 2003). Este concepto es basado en la auto-organización, interdependencia e interconexión de redes de organismos vivientes que requieren una fuente permanente de energía, crecen y se multiplican por sí mismos, son sensibles a su ambiente y proveen productos residuales que son utilizados por otros organismos.

### DESARROLLO SOSTENIBLE

En 1970 Potter et al (citado por Bird W.G., 2003) introdujo el concepto de sostenibilidad por medio del reconocimiento de la importancia significativa de la

equidad y calidad de vida intergeneracional. En la publicación "Nuestra siguiente frontera", Rodale (citado por Bird W.G., 2003) indica que la primera fase en el desarrollo de la sociedad se relaciona con el descubrimiento de sus recursos naturales. La segunda fase tiene que ver con aprender cómo usar los recursos para mejorar la calidad de vida. La tercera fase es el desafío de la sostenibilidad.

Desarrollo sostenible fue definido en 1987 por la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo como "desarrollo que llena las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las siguientes generaciones para llenar sus propias necesidades. Las recomendaciones del reporte de dicha Comisión, fueron globales en cuanto a la naturaleza y se referían a la transformación progresiva de la economía y la sociedad. Durante la siguiente década, el tema "desarrollo sostenible" emergió como un aspecto de imperativa necesidad para la sociedad global (Comisión de Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, 1987).

Para entender el concepto de desarrollo sostenible, es necesario diferenciar entre "crecimiento" y "desarrollo". Crecimiento es un proceso cuantitativo caracterizado por incremento de tamaño por medio de asimilación de materia. Crecimiento tiene claros límites. Desarrollo es un proceso cualitativo en el cual una entidad comprende su potencial y avanza hacia un estado mejor. No se conocen límites para el desarrollo. El concepto de desarrollo sostenible demanda valores morales y éticos (Meadows et al., 1992 citado por Bird W.G., 2003).

## SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

La sostenibilidad de la producción agropecuaria es una condición de desarrollo en la que se combinan de manera aceptable valores económicos, sociales y ambientales en un marco de intereses individuales y colectivos, con visión de presente y futuro y en la cual se debe balancear los intereses y ambiciones de los productores y las capacidades naturales de los ecosistemas. Es una condición dinámica que se mueve en proceso de mejora permanente influenciado por decisiones que buscan el bienestar colectivo. Su foco de atención es el ser humano (familia, trabajadores, consumidores, comunidades) y está limitada por capacidades naturales y regulaciones establecidas por la sociedad.

En el cultivo de caña de azúcar, para contribuir desde el manejo del suelo a lograr la sostenibilidad, es necesario utilizar tecnología que permita disminuir los costos de producción, mejorar los rendimientos, mejorar las condiciones biofísicas y químicas del suelo, disminuir la degradación (por erosión, compactación, acidificación, salinización, encostramiento), proteger las nacientes y

cuerpos de agua, aumentar la infiltración de la lluvia y reducir la contaminación ambiental.

## EL SUELO ES UN CUERPO CON VIDA

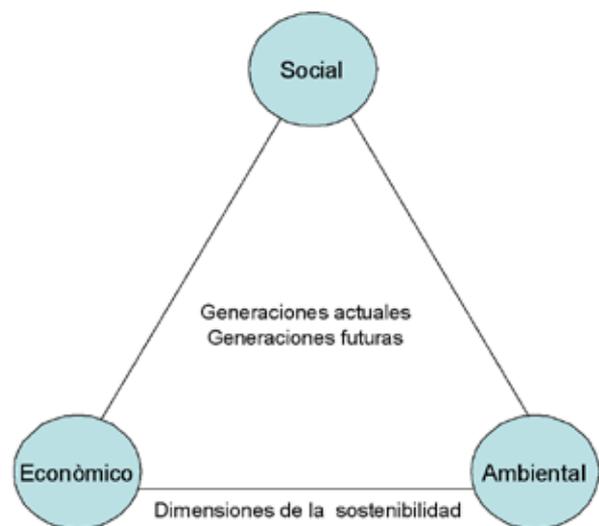
El suelo es el factor de producción más importante para la producción agropecuaria y a su vez es altamente influenciado por el agricultor. Es el hábitat para plantas, animales y microorganismos; todos interconectados entre sí. Es un cuerpo con vida y como tal, requiere un manejo que permita la continuación de esta característica.

Además de partículas minerales, el suelo contiene materia orgánica o humus resultado de la descomposición de la biomasa. Está presente principalmente en el estrato superior del suelo, el cual está sujeto a procesos continuos de transformación. La parte activa de la materia orgánica del suelo puede ser descompuesta por organismos, transformándola en estructuras que se combinan y forman humus que puede permanecer en el suelo por muchos años, constituyendo un aporte importante para mejorar la estructura del suelo. La materia orgánica actúa como un adhesivo que une las partículas de suelo, dando estabilidad.

En suelos bien estructurados existe una alta porosidad, facilitando la oxigenación del suelo y la infiltración del agua. Esta condición puede perderse mediante un manejo inadecuado del suelo, por ejemplo con sistemas de labranza que no permiten cobertura y que provocan compactación.

## LABRANZA DEL SUELO

La labranza del suelo incluye todas las medidas mecánicas para aflojar, voltear o mezclar el suelo, tales como arar, labrar, cavar, azadonar, gradear, etc. La



labranza cuidadosa del suelo puede mejorar la capacidad de éste para retener agua, su aeración y su aptitud de infiltración, calentamiento, evaporación etc. pero el laboreo del suelo también puede dañar la fertilidad del suelo acelerando la erosión y la descomposición de humus.

Las razones más importantes para laborear el suelo son:

- Aflojar el suelo para facilitar la penetración de las raíces de la planta.
- Mejorar la aireación (nitrógeno y el oxígeno del aire)
- Promover la actividad de los organismos del suelo.
- Incrementar la infiltración de agua.
- Destruir o controlar las malezas y las plagas del suelo.
- Incorporar residuos de cultivos y estiércoles en el suelo.
- Preparar bien el sitio para semillas y plántulas.
- Restauración de la compactación del suelo causada por actividades previas.

Cualquier laboreo del suelo tiene un impacto más o menos destructivo en la estructura de éste. En los suelos tropicales, el suelo laborado regularmente acelera la descomposición de la materia orgánica lo que puede conducir a la pérdida de nutrientes. La mezcla de los diferentes estratos del suelo puede dañar gravemente ciertos organismos del suelo, después del laboreo el suelo es muy propenso a la erosión si queda descubierto antes del inicio del periodo de lluvias fuertes.

Los sistemas de mínima labranza ayudan a formar la estructura natural, con un suelo granular, rico en materia orgánica y lleno de organismos. Las pérdidas de los nutrientes son reducidas al mínimo ya que no hay descomposición repentina de materia orgánica y los nutrientes están atrapados por la densa red de raíces de las plantas, la erosión del suelo no será un problema mientras tanto haya una cubierta vegetal permanente o una aplicación suficiente de materia orgánica.

Si los suelos son manejados sin cobertura, labrados en condiciones húmedas o utilizando maquinaria pesada, hay un alto riesgo de compactación que resulta en la supresión del crecimiento de la raíz, la aeración reducida y la disminución de la infiltración del agua.

## EROSIÓN

La erosión del suelo es una de las amenazas más serias e irreversibles para la fertilidad, lava las partes más fértiles del suelo, el horizonte superior y las fracciones más finas de arcilla que son fragmentos ricos en humus y nutrientes. Aún cuando los índices de erosión sean bajos, lo que la hace casi invisible, ésta puede con los

años tener un impacto severo en los suelos, es por consiguiente de importancia vital proteger los suelos de la erosión.

La erosión tiene básicamente tres pasos: desagregación de las partículas del suelo debido al golpe de las gotas de lluvia sobre el suelo sin cobertura; arrastre de partículas de suelo y materia orgánica sobre la superficie; sedimentación de las partículas en partes bajas.

Algunos indicadores de erosión son:

- Cárcavas profundas muestran erosión severa y obvia del suelo.
- Las grietas pequeñas en la superficie del suelo indican pérdidas significativas del suelo.
- Una costra compacta del suelo después de una lluvia fuerte es un indicador de probable erosión.
- La acumulación de material fino del suelo en zanjas y depresiones es una prueba de erosión del suelo en la inmediata cercanía.
- El color café del agua de drenaje o de los arroyuelos durante y después de lluvias fuertes es un indicador claro de la erosión del suelo en la cuenca.
- Las piedras sobresalen el suelo.
- Raíces de árboles parcialmente al descubierto.
- En sitios que son altamente propensos a la erosión, idealmente deberían combinarse las siguientes tres estrategias para controlar la erosión:
  - Reducir el poder erosivo de la lluvia conservando el terreno con cobertura vegetal.
  - Mejorar la infiltración del agua de lluvia en el suelo.
  - Reducir la velocidad del agua que fluye cuesta abajo con la ayuda de construcciones (con siembra a contorno, barreras vivas, acequias de ladera, p.e.).

## FUNCIONES ECOLÓGICAS DEL SUELO Y BIODIVERSIDAD EN LAS FINCAS DE CAÑA

Los aspectos ambientales referidos al manejo del suelo, se relacionan con su función ecológica, tan importante en "el sitio" (lote, finca) como fuera del sitio (alrededores de la finca, comunidad, microcuenca). En este campo se considera la infiltración del agua en el perfil del suelo y su almacenamiento para el abastecimiento constante de las fuentes, la permanencia de vida en el suelo y capacidad para permitir el crecimiento de vegetación y almacenar carbono.

Durante el proceso de producción de caña de azúcar, para contribuir a la sostenibilidad de la producción, hay que manejar el suelo con prácticas para evitar compactación, erosión, salinización, encostramiento y permitir la máxima realización de sus funciones ecológicas.

La mínima labranza con utilización de cobertura de rastrojos, tiene un efecto positivo desde el punto de vista ambiental, ya que permite mantener el suelo con

cobertura<sup>c</sup> protectora contra la erosión, revitalizar el suelo con materia orgánica, aumentar la actividad microbiana (p.e. las bacterias *Azotobacter* y *Azospirillum* que absorben nitrógeno para el cultivo de caña de azúcar), mejorar la estructura del suelo y aumentar la porosidad y capacidad de retención de humedad, disminuir la incidencia de malezas, mejorar la eficiencia de los fertilizantes.

## ASPECTOS ECONÓMICOS

Para contribuir a la sostenibilidad, desde el punto de vista económico, el manejo de suelo debe realizarse de tal manera que los costos de preparación sean los menores posibles.

En fincas cañeras mecanizadas, el manejo convencional del suelo consiste la utilización de arado, rastra y

surcador en los lotes de siembras y subsuelado en lotes de mantenimiento. Estas prácticas, además de requerir suelo desnudo, lo cual es perjudicial desde el punto de vista de la degradación del suelo, implican costos significativos y crecientes cada año.

Como opción para reducir los costos de labranza, está la tecnología de mínima labranza, la cual consiste en la utilización de subsuelador y surcador en los lotes de siembra y uso de cincel o cultivador en lotes de mantenimiento. Esta opción, sin detrimento del cultivo, permite reducir el número de pasadas de maquinaria y por ende el costo<sup>d</sup> y además disminuir el riesgo de erosión.

Cuando la mínima labranza se hace en terrenos con rastrojo de la cosecha anterior, es decir, en cañales no quemados, se requiere triturar la hoja de caña para que sea posible la operación del subsuelador y el cincel.

CUADRO 1  
Indicadores afectados por la preparación de suelos en caña de azúcar.

Tipo suelo y condiciones de precipitación y temperatura	Hidromorfismo Inducido por el hombre		% porosidad	Densidad Aparente	Erosión hídrica	Pérdida de fertilidad	Pérdida de Materia Orgánica		Salinización	Compactación Encostramiento	Pérdida estructura
	mm	°C									
Andisol											
V.Cnetral	1950	23	X	XXX	XX	XX	X	XX		X	X
Inceptisol											
V. Central	1950	23	X	XXX	XX	XX	X	XX		X	XX
Ultisol											
S. Carlos	4574	23	X	XX	XXX	XX	X	X		XX	X
Ultisol											
P.Zeled	2934	25.1	X	XX	XXX	XX	X	X		XX	X
Inceptisol (Aluvial)											
Guanacaste	1702	27.2	XX	XX	XX		X	X	XXX	XX	X
Entisol											
Guanacaste	1702	27.2	X	XX	X		X	X	X	X	X
Vertisol											
Guanacaste	2600	27.2	XXX	X	XXX		X	X	XX	XX	X
Alfisol											
Esparza	1570	27.9	XXX	XX	XXX		X	X	XX	XX	X

Fuente. Elaboración propia. Datos de temperatura y precipitación son tomados de Marco Chávez, 1999.

X: menor grado de intensidad

XX: grado intermedio de intensidad

XXX: mayor grado de intensidad

## EFFECTOS DEL MANEJO CONVENCIONAL DEL SUELO Y EL AGUA EN LAS DIFERENTES ÁREAS CAÑERAS EN COSTA RICA

El cultivo de la caña en Costa Rica, se ubica en regiones que contrastan en sus condiciones climáticas, cabe destacar que las mayores precipitaciones se presentan en las plantaciones de la Zona Norte llegando cerca de los 4000 mm y las menores precipitaciones se presentan en Guanacaste y Esparza, con 1700 mm. Con relación a la temperatura, las mayores se presentan en Guanacaste y Esparza más de 27 °C y las menores en el Valle Central con temperaturas cercanas a los 23 °C.

En cuadro No 1, se presentan algunas de las modificaciones que ocurren en las propiedades físico-químicas de los suelos a consecuencia del monocultivo de la caña de azúcar.

- A. Densidad aparente. Ésta se incrementa en todos los suelos pero en mayor grado en los Ultisoles de la Zona Norte y Brunca y en los Vertisoles de Guanacaste.
- B. Hidromorfismo. El hombre ha inducido un mayor grado de hidromorfismo al reducirse la permeabilidad de los suelos por el mal manejo de éstos, especialmente en Alfisoles, Vertisoles e Inceptisoles.
- C. Porcentaje de porosidad. Es mayor en los Andisoles e Inceptisoles y menor en los Vertisoles.
- D. Erosión hídrica. Es evidente que la combinación de la pendiente con las fuertes lluvias y las texturas pesadas incrementan el riesgo de erosión los suelos más frágiles como los del Valle Central, Zona de San Carlos y Pérez Zeledón.
- E. Fertilidad y materia orgánica. En los suelos de origen volcánico (Andisoles) es donde se observa una mayor pérdida de la fertilidad natural y los contenidos de materia orgánica, aunque en muchas ocasiones no es perceptible por los altos contenidos de materia orgánica que poseen estos suelos.
- F. Salinización. Esta se presenta principalmente en los suelos de Guanacaste y Puntarenas como consecuencia del riego mal dosificado el cual conlleva a un incremento de sales en la capa superficial.
- G. Compactación y encostramiento. Ocurre en todos los suelos donde se usa maquinaria agrícola, pero es más evidente en los suelos Ultisoles, Vertisoles e Inceptisoles.
- H. Estructura. La pérdida de la estructura es otra de las propiedades de los suelos que se ven afectadas por el uso de la maquinaria agrícola en las áreas cañeras.

## LITERATURA CONSULTADA

1. Bird, G.W., 2003. Role of Integrated Pest Management and Sustainable Development. In: Integrated Pest Management in the Global Arena. 512p.
2. Chaves S.,M. 1999. Nutrición y Fertilización de la Caña de azúcar en Costa Rica. Memoria. Recursos Naturales y Protección Animal. III Congreso Nacional de Suelos. Vol. III., p:193-214.
3. Comisión de Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, 1987. Consultado 06 de Julio 2006. Disponible en página de Naciones Unidas <http://www.un.org>
4. Meléndez G. et al 2003. Abonos Orgánicos: Principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San José, Noviembre, 2003.
5. Ribero. R. L, 1995. Metodología para la recuperación de suelos Salinos en Guantánamo. La Habana, Cuba. Consultado 06 de Julio 2006. Disponible en página de Naciones Unidas <http://www.UnatedNationsConventiontoControlDesertification.htm>
6. Viera, J.M. et al. 1996. Agricultura Conservacionista: un enfoque para producir y conservar. Proyecto Fomento y aplicación de prácticas de conservación y manejo de tierras en Costa Rica. 90 p.
7. Viera, J.M. et al. 1996. Criterios de identificación y selección de opciones técnicas. Proyecto Fomento y aplicación de prácticas de conservación y manejo de tierras en Costa Rica. 44 p.

## NOTAS

- \* Departamento de Agricultura Conservacionista. Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de correo electrónico [razofei@yahoo.es](mailto:razofei@yahoo.es)
- b \*\* Departamento de Agricultura Conservacionista. Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de correo electrónico [ogomezv@costarricense.cr](mailto:ogomezv@costarricense.cr)
- c 4 toneladas de materia verde/ha/año según datos del Ing. Carlos Quesada de Coope Victoria.
- d Según el Ing. Carlos Quesada de Coope Victoria, experto en el cultivo de caña, el costo se reduce en un 50%.

## ARMONIZACIÓN DE MEDIDAS FITOSANITARIAS: IMPORTANCIA PARA EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

*Edwin Mauricio Aragón R.ª*

Representante del Organismo Internacional Regional de  
Sanidad Agropecuaria (OIRSA) en El Salvador.  
E-mail: earagon@telemovil.com

### INTRODUCCIÓN

Los acuerdos derivados de la última ronda de negociaciones del extinto Acuerdo General de Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT), y que constituyeron jurídicamente a la Organización Mundial del Comercio (OMC), no sólo han creado nuevas reglas de juego para el comercio mundial, sino además han traído aparejado una serie de cambios en el ámbito interno de los países, sobre todo para los no desarrollados. Algunos de estos cambios han sido: reformas en el marco legal (propiedad intelectual, de política comercial, salud pública y sanidad agropecuaria), reformas institucionales, mayores necesidades de capacitación, formación y asistencia técnica y mayor atención y protagonismo por parte del sector privado en el conocimiento y seguimiento de a las regulaciones internacionales, que en el pasado normalmente eran casi del exclusivo interés del sector público.

En el marco de los acuerdos del GATT94, destaca lo relativo a la regulación para la agricultura (producción y comercio), de manera especial porque en los 48 años de existencia del GATT, estos procesos estaban marginalmente regulados. El Acuerdo sobre la Agricultura y el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (AMSF), son complementarios y su cumplimiento está representando grandes retos para los países en desarrollo.

En el caso particular de la sanidad agropecuaria, el enfoque por muchos años estuvo orientado a la protección del llamado "patrimonio agropecuario de los países". Por ello, se conformaron estructuras institucionales públicas encaminadas a dicha protección y así nacieron los servicios de Cuarentena Agropecuaria, Fitosanidad, Salud Animal, Registro de Insumos, entre otros. Estos servicios llegaron en su momento a tener un tamaño

considerable y a consumir una buena cantidad de recursos fiscales. Sin embargo, con los programas de ajuste estructural y adelgazamiento del Estado fueron perdiendo progresivamente su importancia relativa y muchas veces su capacidad normativa. Hoy en día dada la complejidad del tema, los países deben ver de nuevo con interés la sanidad agropecuaria y por lo tanto destinar más y mejores recursos si quieren tener oportunidades de acceso en los mercados agroalimentarios mundiales o si quieren contar con capacidad de respuesta técnica para regular el comercio.

En el ámbito internacional las medidas sanitarias y fitosanitarias (MSF), que son las disposiciones públicas para proteger la salud de las personas y los animales y preservar a los vegetales de los riesgos de introducción, diseminación y establecimiento de plagas y enfermedades, en muchos casos se han constituido en verdaderos mecanismos de protección comercial y no en instrumentos técnicos-sanitarios. Para muchos economistas estas medidas son consideradas barreras no arancelarias dado su efecto sobre el comercio internacional, ya que en muchos casos han llegado a ser más impactantes que el arancel mismo.

A su vez, las empresas vinculadas al comercio saben fehacientemente que para acceder a los mercados internacionales de alimentos y productos agropecuarios, deben cumplir con MSF más estrictas. Esta situación está incidiendo fuertemente en la competitividad internacional agropecuaria, ya que los competidores que cumplen, son los que logran permanecer en este escenario

El AMSF de la OMC establece el marco multilateral que rige la aplicación de estas medidas, el cual por principio reconoce la importancia y el derecho que tienen los países en utilizar estos instrumentos técnicos para la protección de personas, animales y la preservación de

los vegetales. Sin embargo, su contenido filosófico y legal implica que dichas medidas no sean discriminatorias y que no se constituyan en una barrera encubierta al comercio internacional. A diez años del AMSF, se han logrado grandes avances en la nueva regulación, sobre todo en áreas como la transparencia, la armonización (uso de normas internacionales) y la solución positiva de controversias en el campo de sanidad agropecuaria.

### **La Armonización en el Marco de la OMC**

La armonización es un principio que procura disminuir la discrecionalidad de los países al momento de establecer sus medidas, de manera que se pueda lograr una adecuada coherencia entre el fundamento científico, los riesgos y el nivel adecuado de protección. El carácter multilateral, técnico y la experiencia de los organismos de referencia responsables de elaborar las normas o directrices internacionales permite cierta garantía de que las MSF sean técnicas, no discriminatorias y no se constituyan en una restricción encubierta al comercio.

En el artículo 3 del Acuerdo se establecen las disposiciones sobre la Armonización. Literalmente se establece:

1. Para armonizar en el mayor grado posible las medidas sanitarias y fitosanitarias, los Miembros basarán sus medidas sanitarias o fitosanitarias en normas, directrices o recomendaciones internacionales, cuando existan, salvo disposición en contrario en el presente Acuerdo y en particular en el párrafo 3.
2. Se considerará que las medidas sanitarias o fitosanitarias que estén en conformidad con normas, directrices o recomendaciones internacionales son necesarias para proteger la salud y la vida de las personas y de los animales o para preservar los vegetales y se presumirá que son compatibles con las disposiciones pertinentes del presente Acuerdo y del GATT de 1994.
3. Los Miembros podrán establecer o mantener medidas sanitarias o fitosanitarias que representen un nivel de protección sanitaria o fitosanitaria más elevado que el que se lograría mediante medidas basadas en las normas, directrices o recomendaciones internacionales pertinentes, si existe una justificación científica o si ello es consecuencia del nivel de protección sanitaria o fitosanitaria que el Miembro de que se trate determine adecuado de conformidad con las disposiciones pertinentes de los párrafos 1 a 8 del artículo 5. Ello no obstante, las medidas que representen un nivel de protección sanitaria o fitosanitaria diferente del que se lograría mediante

medidas basadas en normas, directrices o recomendaciones internacionales no habrán de ser incompatibles con ninguna otra disposición del presente Acuerdo.

4. Los Miembros participarán plenamente, dentro de los límites de sus recursos, en las organizaciones internacionales competentes y sus órganos auxiliares, en particular la Comisión del Codex Alimentarius y la Oficina Internacional de Epizootias, y en las organizaciones internacionales y regionales que operan en el marco de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, para promover en esas organizaciones la elaboración y el examen periódico de normas, directrices y recomendaciones relativas a todos los aspectos de las medidas sanitarias y fitosanitarias.
5. *El Comité de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias al que se refieren los párrafos 1 y 4 del artículo 12 (denominado en el presente Acuerdo el "Comité") elaborará un procedimiento para vigilar el proceso de armonización internacional y coordinar con las organizaciones internacionales competentes las iniciativas a este respecto.* (OMC, 1994).

El Acuerdo en este punto es claro: las MSF nacionales o regionales deberán basarse en las internacionales y sólo por excepción es posible contar con medidas que no estén basadas en las normas de los organismos de referencia. Esta excepciones vienen dadas porque no existe norma internacional de referencia, se dispone de pruebas científicas que justifiquen una desviación, o por el nivel de adecuado de protección del país que las adopte. Esto último, en todo caso deberá ser compatible con las disposiciones que sobre el riesgo y el nivel adecuado de protección establece el acuerdo<sup>b</sup>.

### **Normas Regionales Armonizadas y su Importancia**

Como ha sido indicado son tres las organizaciones internacionales de referencia reconocidas por el AMSF. Sin embargo, y como es de esperar, los países al llevar a cabo procesos de integración económica, crean instancias bi-nacionales, o regionales para atender problemas específicos en materia agrosanitaria de interés para los países o las regiones, por ejemplo, el Comité Regional de Sanidad Vegetal para el Cono Sur. A su vez, existen organismos internacionales de asistencia técnica que cuentan con programas en sanidad agropecuaria (FAO, Organización Panamericana de la Salud y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). Otra categoría de tipo regional, ha sido más bien resultado de la cooperación entre los países ante eventualidades

agrosanitarias, tal es el caso del Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). Es de señalar que el OIRSA forma parte de las organizaciones regionales bajo la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria.

Indistintamente de su origen, las organizaciones regionales generan muchos beneficios para los países miembros, para citar algunos ejemplos: cooperación técnica más oportuna y precisa, instancia primaria para resolver controversias, elaboración de normas regionales, desarrollo de procesos más expeditos para facilitar el comercio regional, entre otros.

Debe reconocerse, particularmente en el caso de la elaboración de las normas regionales, que se requieren como condición primordial el total apoyo de los países a las organizaciones, para que efectivamente se alcance la armonización de las mismas y se consoliden los beneficios de la regionalización. El compromiso de las autoridades de los países pasa por apoyar la elaboración, revisión, discusión, aprobación y **legalización** en de las referidas normas.

#### ***Características de las Normas, Objetivos y el Proceso<sup>c</sup>***

Las normas indistintamente del tipo que sean, deben estar basadas en la ciencia, la tecnología y la experiencia. La norma es un documento establecido por consenso y aprobado por un cuerpo reconocido, que dispone el uso común y constante de reglas, directrices o características para diversas actividades o sus resultados, y que tiende al logro de un grado óptimo de ordenamiento dentro de un contexto dado (FAO, 1995).

Una norma puede consistir en reglas, lineamientos, características, reglamentos, procedimientos oficiales, entre otros. Por lo tanto, el término cubre grados de requisitos, desde la regla más fuerte hasta el lineamiento más débil.

La norma inicia dentro de un organismo reconocido, se elabora a través de la discusión y consulta y luego se aprueba por acuerdo o consenso.

Al hablar de normas regionales fitosanitarias, el ámbito de acción esta suscrito a un espacio físico específico. En todo caso, las mismas deben ser consistentes con las normas internacionales, de tal forma que su aplicación no debe violentar los principios emanados del marco multilateral.

Una norma regional facilita la transparencia, simplificación y armonización de la metodología y operación de los procedimientos de protección de los Estados partes. Adicionalmente, facilita la promoción y difusión de técnicas apropiadas de prevención y control de plagas y aseguran la aplicación de las medidas fitosanitarias compatibles con el AMSF de la OMC. De esta forma constituyen la base (lineamiento) para que las autoridades

nacionales de sanidad agropecuaria elaboren sus normas o medidas nacionales de manera armonizada con sus vecinos. Nuevamente, la norma regional armonizada viene a contribuir a la consolidación de la región.

El proceso de elaboración y puesta en marcha de las normas regionales puede ser variado, pero en general, contiene los siguientes pasos:

1. Propuesta
2. Preparación
3. Consulta
4. Aprobación
5. Publicación

Los pasos son indicativos, algunos se pueden obviar si, por ejemplo, ya se dispone de una norma internacional en la cual se basará la norma regional o simplemente será adoptada.

La propuesta surge de una necesidad: enfrentar una nueva plaga exótica a la región, armonizar requisitos para la importación de productos fuera de la región, desarrollar programas de control o erradicación de plagas o enfermedades, etc. Los temas de trabajo pueden ser propuestos por las autoridades nacionales y por el organismo regional de sanidad agropecuaria. Incluso el sector privado interesado debería tener la capacidad de proponer a las autoridades nacionales o regionales normas o lineamientos para su elaboración que beneficien a las actividades productivas privadas y la protección fitosanitaria del país o la región.

La preparación (borrador) normalmente es encargada a un consultor, un grupo de trabajo técnico, o al organismo regional. Los lineamientos internacionales sobre terminología y estructura deberán ser la guía en la preparación del borrador. La fase preparatoria finaliza cuando el borrador de trabajo está disponible para consulta.

El borrador de la norma regional debe ser sometido a la discusión por las autoridades de los países miembros, quienes dispondrán de un tiempo prudencial para preparar sus observaciones técnicas. Si las autoridades nacionales lo consideran oportuno se podrá someter a revisión por los usuarios<sup>d</sup>. Todas las observaciones recibidas se trasladarán al grupo de trabajo o consultor para su compilación, procesamiento y consideración, tomando en cuenta la consistencia con las directrices del organismo regional y las normas internacionales.

Una vez procesados y analizados las observaciones por el grupo de trabajo o consultor, el organismo regional podrá decidir si la norma se pasa como Borrador Final a consideración de los delegados técnicos de las Secretarías o Ministerios. En el caso de directrices regionales preparadas por el OIRSA, la instancia técnica responsable de esta revisión es la Comisión Técnica del HCIRSA y en el seno de la Unión Aduanera Centroamericana (UAC), es

el Grupo Técnico de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, integrado por representantes de los cinco países miembros, el responsable de la revisión y aprobación técnica de lineamientos y normas, los que posteriormente son sometidos a consideración de la Reunión de Directores de Integración Intersectorial (economía y agricultura).

Es importante destacar que el OIRSA ha estado asistiendo técnicamente al Grupo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la UAC, a través de una serie de documentos y propuestas las que una vez revisadas, observadas y aprobadas formarán parte de los instrumentos normativos de la integración. Dentro de éstos se pueden mencionar: 1) elaboración de bases de datos de requisitos sanitarios y fitosanitarios de importación; 2) elaboración de planes de contingencia ante plagas y enfermedades de importancia cuarentenaria y económica en Centroamérica, por ejemplo, Amarillamiento Letal del Cocotero, Gorgojo Khapra, Cochinilla Rosada del Hibisco, *Tilletia barclayana*; y 3) Norma Regional Fitosanitaria para Envíos en Tránsito.

La última instancia de aprobación es la política (Ministros/Secretarios). En el caso del OIRSA, ésta la constituye el Honorable CIRSA, el cual se reúne una vez al año en forma ordinaria y cada vez que los ministros lo

dispongan en forma extraordinaria. En el caso de la UAC, el responsable de la aprobación final es el Consejo de Ministros Responsables de la Integración Económica (COMIECO), previa reunión intersectorial con el Consejo Agropecuario Centroamericano.

Cabe destacar que esta última instancia puede: aprobar, modificar, enviar a otras instancias o devolver en consulta, o simplemente rechazar la propuesta. Si la propuesta es aceptada viene la fase de publicación.

La publicación es muy importante, la norma debería aparecer en los periódicos de mayor circulación en cada uno de los países miembros (incluyendo las gacetas o diarios oficiales). Además deben ser notificadas a los organismos internacionales de referencia, incluyendo el Comité de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la OMC.

Existen algunas inquietudes respecto a las normas regionales armonizadas una vez éstas han sido publicadas, de manera especial en regiones como la centroamericana. Estas inquietudes son: ¿qué hacen los países internamente con ellas?, ¿son adoptadas y legalizadas?, ¿sirven la elaborar las normas o medidas nacionales y luego se legalizan?, ¿son respetadas las normas acordadas, cuán vinculantes son?, ¿qué vinculación tienen con los mecanismos regionales de solución de controversias?

País	Medida Fitosanitaria	Instrumento normativo/ Ley General
El Salvador	Se exige que el certificado fitosanitario indique que el material ha sido inspeccionado y encontrado libre de insectos, bacterias, hongos, virus, fitoplasmas, nematodos fitoparásitos. Además, que procede de un centro de investigación que garantice que el material ha sido certificado: que demuestre que contiene pureza vegetal y que ha recibido tratamiento térmico en serie o en el caso de plántulas deberán proceder de cultivos de meristemos y libre de residuos vegetales y suelo. Se someterá a tratamiento cuarentenario en el punto de entrada si durante la inspección se detectan plagas.	No específico. Ley de Sanidad Vegetal y Animal
Guatemala	Se aplican las MSF que regulan disposiciones y requisitos aplicables a la importación, exportación, movilización o traslados de plantas, productos o subproductos de origen vegetal, la cual incluye entre otros los procedimientos para la solicitud del permiso fitosanitario de importación, los requisitos para extender el Certificado Fitosanitario Internacional de Exportación de envíos, requerimientos para la inspección en los puestos fronterizos. Adicionalmente, para este tipo de envíos, el importador debe estar inscrito ante el Área Fitozoo-genética de la UNR como comercializador de semillas y contar para cada importación con la orden de desalmacenaje emitida por dicha área.	Acuerdo Ministerial No. 617-2004 y Acuerdo Ministerial No. 1185-2004 (modifica los artículos 5, 12, 14, y 20 del Acuerdo Ministerial 817-2004)
Nicaragua	Las disposiciones están referidas también en forma general. En el caso de la importación de germoplasma, está reglado por la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 11-005-02 y por la " Norma General para la Importación de Productos y Subproductos de Origen Vegetal y Organismos Vivos de Uso Agrícola". La certificación en BPA está regulada por la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 11-004-02 "Norma Técnica para la Certificación de Buenas Prácticas Agrícolas"	NTON 11-005-02 y NTON 11-004-02
Belice	No hay disposición específica	
Costa Rica	Las disposiciones dependen del país de dónde se realiza la importación. Por ejemplo, si la importación es de Cuba, en el Certificado Fitosanitario Oficial se debe declarar que el envío proviene de un lugar libre de <i>Trips palmi</i> y que está libre de <i>Opogona sacchari</i> ; además, que fue tratado con un insecticida residual y libre de tierra. Si el origen fuera Colombia, entonces el Certificado Fitosanitario Oficial deberá indicar que el envío está libre de <i>Perkinsiell saccharicida</i> y <i>Melanaphis sacchari</i> ; además, que fue tratado con un insecticida residual y libre de tierra.	Ley de Protección Fitosanitaria

Panamá

Las disposiciones dependen del país de dónde se realiza la importación. En términos generales se requiere:

- 1) Una Licencia Sanitaria de Importación, vigente, emitida por la Dirección Ejecutiva de Cuarentena Agropecuaria de Panamá.
- 2) Un certificado fitosanitario, expedido por un funcionario idóneo de la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF) del país de origen en el que se haga constar el cumplimiento de los requisitos fitosanitarios (por ejemplo, en el caso de Cuba):
  - Ha sido producida y embalada en CUBA. En caso de proceder de terceros países, que cuenta con certificado fitosanitario del país de origen.
  - Procede de áreas o unidades de producción sujetas a inspección por parte de la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria del país de origen, realizada por funcionarios idóneos, oficiales o acreditados.
  - El certificado fitosanitario oficial, incluye una declaración adicional en la que se da fe de lo que se detalla a continuación:

La mercancía, durante los períodos de crecimiento activo y cosecha, fue inspeccionada por personal oficial de la ONPF, o acreditado por esta y fue encontrada libre de plagas de importancia económica y cuarentenaria, de ser el caso, se anotan las técnicas de laboratorio utilizadas.

Los embarques proceden de áreas libres de **Cochinilla Rosada (*Maconellicoccus hirsurtus*)**. La mercancía se encuentra libre de plagas de interés cuarentenario, para la República de Panamá:

- |  |  |
|--|--|
| a) <i>Aspidiella sacchari</i>                                    | b) <i>Cercospora longipes</i>                          |
| c) <i>Glomerella tucumanensis</i>                                | d) <i>Marasmius sacchari</i> ?                         |
| e) <i>Phytophthora erythroseptica</i> var. <i>erythroseptica</i> | f) <i>Sporisorium cruentum</i>                         |
| g) <i>Xyleborus affinis</i>                                      | h) <i>Acidovorax avenae</i> subsp. <i>Avenae</i>       |
| i) <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>Vasculorum</i>           | j) <i>Sugarcane mosaic virus</i>                       |
| k) <i>Phaeocytostroma sacchari</i>                               | l) <i>Sclerophthora macrospora</i>                     |
| m) <i>Mycovellosiella koepke</i>                                 | n) <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Atroseptica</i> |
| ñ) <i>Mycosphaerella holci</i>                                   | o) <i>Chalara elegans</i>                              |
| p) <i>Mycovellosiella vaginae</i>                                | q) <i>Erwinia chrysanthemi</i>                         |
| r) <i>Saccharipulvinaria iceryi</i>                              | s) <i>Pantoea agglomerans</i>                          |
| t) <i>Thrips palmi</i>   |  |

Además se debe especificar que: la mercancía ha sido tratada contra hongos y recibió tratamiento cuarentenario contra insectos y ácaros, en su origen. Se debe anotar el tratamiento, así como el tiempo, temperatura y humedad presentes durante el tratamiento. La mercancía se encuentra libre de semillas de malezas, suelos de cualquier tipo y ha sido embalada en recipientes cerrados, que no permiten la exposición de la mercadería al medio ambiente, factibles de ser sellados y resistentes a la manipulación. El contenedor, previo al embarque de la mercancía, fue lavado y desinfectado internamente. Finalmente, el embarque se inspeccionará al momento de su arribo.

Fuente: Información proporcionada oficialmente por los países y consultas en sitios web.

### **Las Normas Regionales Armonizadas en la Región del OIRSA**

La región del OIRSA cuenta con experiencia en el proceso de armonización de MSF relacionadas a la prevención de plagas y enfermedades de importancia cuarentenaria, en los procedimientos para el control y la erradicación, y en la regulación del registro armonizado de plaguicidas.

A pesar de ello, debe reconocerse que aún existen limitaciones y problemas que impiden obtener todos los beneficios de una regionalización plena que han sido descritos anteriormente. Los retos son mayores hoy día a raíz de la progresiva expansión de la globalización y la apertura de las economías, en medio de nuevos

compromisos y derechos comerciales derivados de los acuerdos del GATT del 94.

### **EL CASO DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

Una rápida revisión de las medidas fitosanitarias para la caña de azúcar en Centroamérica, nos muestra que no existen disposiciones específicas para el intercambio comercial de este cultivo. Las regulaciones están orientadas al intercambio de material vegetativo en general, dentro del que se incluye a la caña de azúcar. En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las principales medidas que actualmente se aplican en la región.

## CONCLUSIONES

1. La sanidad agropecuaria y las regulaciones técnicas han dejado de ser un tema casi exclusivo de los funcionarios de gobierno y se están constituyendo en interés del sector privado y de los consumidores. La competitividad agropecuaria se ve afectada por estas regulaciones y aquellos países y empresas que logran sortearlas de manera exitosa, se aseguran el verdadero acceso a los mercados agroalimentarios mundiales.
2. La armonización es un principio fundamental que permite a los países basar la aplicación de sus MSF con base a la normativa internacional, lo que da certeza al sistema de comercio en cuanto al uso de regulaciones con base a la ciencia y reduciendo la discrecionalidad.
3. El proceso para la adopción de normas incluye, en general, los pasos siguientes: Propuesta, Preparación, Consulta, Aprobación y Publicación.
4. En el caso específico de la caña de azúcar, no existen medidas fitosanitarias armonizadas en Centroamérica, en la mayoría de países las regulaciones son generales para el intercambio de material vegetativo o germoplasma. De ser requerido y justificarse adecuadamente, pueden haber condiciones para la formulación de una norma regional para este cultivo.

## LITERATURA CITADA

1. Aragón E. Comercio Internacional y las Regulaciones Sanitarias. Cámara Agropecuaria y Agroindustrial (CAMAGRO), Visión Agroempresarial, 2001.

2. CIPF. Documentos varios.
3. Los Resultados del Ronda Uruguay de Negociaciones Comerciales Multilaterales Organización Mundial del Comercio. 1994.
4. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). Lineamientos para la elaboración, aprobación, publicación, adopción y revisión de las directrices regionales fitosanitarias del OIRSA. San Salvador, El Salvador, 1998.
5. \_\_\_\_\_. Análisis de sistemas cuarentenarios. San Salvador, El Salvador, sf.
6. \_\_\_\_\_. [www.oirsa.com](http://www.oirsa.com)
7. Rohwer G., Y. Scot. Sanidad Vegetal Regional: Un papel más amplio para los organismos regionales de protección fitosanitarias, NAP-PO y OIRSA. San Salvador, El Salvador, 1994.

## NOTAS

- a Los conceptos vertidos son de exclusiva responsabilidad del autor.
- b Con base a lo dispuesto en el artículo 5 del AMSF, el nivel de adecuado de protección no puede ser antojadizo y las medidas que se adopten bajo su argumento, no deben entrañar restricciones innecesarias al comercio.
- c Aunque los conceptos desarrollados en este apartado pueden ser aplicados a normas relativas a la salud humana, se debe entender que están enfocados al campo de la sanidad vegetal. El contenido está basado en Lineamientos para la elaboración, aprobación, publicación, adopción y revisión de las directrices regionales fitosanitarias del OIRSA; CIPF, Nuevo Texto revisado como aprobado por la Conferencia de la FAO en su 29º período de sesiones -noviembre 1997.
- d Más bien esto es deseable.

## **PLAGUICIDAS AGRÍCOLAS Y LA PROMOCIÓN DE ALTERNATIVAS EN EL AGRO COSTARRICENSE**

*M.Sc. Fabio Chaverri*  
Subdirector Escuela de Ciencias Ambientales  
y Coordinador Area Alternativas IRET  
Universidad Nacional  
fchaverr@una.ac.cr

### **RESUMEN**

El uso de plaguicidas en Costa Rica está catalogado como uno de los más intensivos a nivel mundial. Durante los últimos años se ha mantenido una tendencia de incremento en el consumo de plaguicidas, para el año 2004 el consumo de plaguicidas superó los 10 millones de kilogramos de ingrediente activo, los cuales son utilizados en un área agrícola cercana a los 450000 ha. Esto nos da un consumo por unidad de área que supera los 20 kg de ingrediente activo por hectárea. En este contexto, es importante anotar los esfuerzos que se realizan por mitigar este problema, como lo son la implementación del control biológico, certificaciones ambientales, certificaciones de buenas prácticas agrícolas y certificaciones de agricultura orgánica en Costa Rica. La promoción de alternativas al uso de plaguicidas debe analizarse desde un punto de vista interdisciplinario, destacándose tres aspectos: el primero es el compromiso que debe asumir el país de reducir el consumo de sustancias peligrosas; el segundo es la promoción de tecnología viable que desminuya o elimine los riesgos asociados al uso de plaguicidas sintéticos; el tercero es la necesidad de mejorar la competitividad en los mercados de los productos agrícolas producidos bajo sistemas amigables. El éxito en la implementación de programas orientados a promover alternativas a los plaguicidas debe estar basado en actividades participativas que promuevan la implementación de parcelas demostrativas, el fortalecimiento de la investigación tanto experimental como la validación en fincas comerciales y en el apoyo a los productores en la implementación de alternativas a escala comercial. Solo mediante este proceso se puede pretender que a corto y mediano plazo los productores nacionales estén preparados para enfrentar este reto y colocar a Costa Rica como un ejemplo en el cumplimiento de compromisos ambientales y de salud humana.

### **PLAGUICIDAS AGRÍCOLAS Y LA PROMOCIÓN DE ALTERNATIVAS EN EL AGRO COSTARRICENSE**

Este artículo trata de actualizar al lector en la información referente al consumo y consecuencias de uso de los plaguicidas químicos sintéticos en Costa Rica y la importancia de implementar alternativas en el campo técnico, político y social que permitan cambios sostenidos a esta problemática.

En los últimos años la agricultura convencional tecnificada ha sido objeto de múltiples análisis a nivel mundial. Son muchos los grupos de productores,

consumidores e investigadores que se han abocado a reflexionar sobre la necesidad de realizar cambios profundos en las políticas agrarias. El objetivo tradicional de maximizar los rendimientos productivos y económicos se ha visto enfrentado por las consecuencias ambientales y de salud humana que conlleva la implementación de este sistema de producción.

El uso de plaguicidas en Costa Rica es buen ejemplo, ya que el mismo está catalogado como uno de los más intensivos a nivel mundial. Esto ha sido una consecuencia de la tecnificación de la agricultura, que en los últimos años se ha caracterizado por el uso de plantas de alto rendimiento, uso intensivo del terreno y alto consumo de agroquímicos, especialmente los plaguicidas.

Además, durante este período se dio un proceso de concentración de la propiedad de la tierra, una mejor vinculación con los mercados internacionales y una mayor presión por incrementar el rendimiento y la producción agropecuaria. (Chaverri y Blanco, 1999, Chaverri 2002<sup>a</sup>).

Durante los últimos años se ha mantenido una tendencia de incremento en el consumo de plaguicidas (Fig1). Para el año 2004 el consumo de plaguicidas superó los 10 millones de kilogramos de ingrediente activo (base de datos IRET, 2005), los cuales son utilizados en forma intensiva en un área agrícola cercana a los 450000 ha.. Esto nos da un consumo por unidad de área que supera los 20 kg de ingrediente activo por hectárea, sin duda uno de los más altos a nivel mundial.

Los agricultores costarricenses, en su mayoría, utilizan plaguicidas químicos sintéticos. Muchos de los compuestos de más amplio uso en el país han sido prohibidos o severamente restringidos en otros países, ya que son catalogados como de alto riesgo para la salud y/o el ambiente. Ejemplo de lo anterior son los plaguicidas benomil, bromuro de metilo, captan, paraquat, clorpirifós, endosulfán, mancozeb, metamidofós y el terbufós (Chaverri, 2002<sup>a</sup>; Chaverri y Blanco 2002; IRET 2005).

En muchos casos este elevado uso de agroquímicos se ha atribuido a la falta de instrucción del usuario y al temor del mismo de perder la cosecha, sin embargo son muchos los factores externos que propician esta situación. Las consecuencias de este consumo de plaguicidas se agravan como consecuencia de las políticas agrícolas que promueven el uso de estas sustancias, el uso incorrecto de estas sustancias, las aplicaciones innecesarias, la resistencia de las plagas a estas sustancias, y la falta de controles que eviten las aplicaciones con sobredosis y el no uso del equipo de protección (Hilje *et al* 1992; Wesseling, *et al.* 2002). Todos estos elementos, además de poner en riesgo la sostenibilidad del sistema agrícola, contribuyen a incrementar los riesgos ambientales y de salud humana

En relación con los efectos sobre la salud humana se pueden mencionar ejemplos de casos agudos (efec-

tos inmediatos) del uso de plaguicidas, tenemos que en Costa Rica la incidencia de intoxicaciones por plaguicidas es alta tanto en la población laboralmente expuesta como en la población en general. Profesionales del área de salud del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional de Costa Rica (IRET), han estimado que el 4,5% de los trabajadores agrícolas costarricenses sufre una intoxicación por año. En relación a los casos crónicos (efectos a mediano y largo plazo) uno de los casos más notorios fue la esterilización de trabajadores bananeros a causa del uso del dibromocloropropano (DBCP). Además, se han determinado riesgos elevados de cáncer y efectos neurotóxicos en trabajadores expuestos a plaguicidas (Chaves, *et al.* 2004; Thrupp, 1991; Wesseling *et al.* 1996; Wesseling, 1997; van Wendel de Joode *et al* 2001).

Estudios recientes han anotado que la exposición de seres humanos a plaguicidas y sustancias químicas catalogadas como COP's (Contaminantes Orgánicos Persistentes) sigue siendo posible aún para aquellos que han sido prohibidos o restringidos, dada la persistencia de estas sustancias, la existencia de reservas de compuestos obsoletos, el uso autorizado o no autorizado y la presencia como contaminantes, aditivos o subproductos no intencionales (Partanen y Wesseling, 2004)

En un estudio sobre residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas de la zona atlántica de Costa Rica, estos fueron encontrados en el 23% de las muestras analizadas, y en el 3% de ellas se determinó violación de la normativa vigente por empleo de productos no permitidos en el cultivo. Además, el 5% de las muestras presentó concentraciones superiores a los límites máximos permitidos por la norma nacional (PLAGSALUD, 2001).

El impacto de los plaguicidas en el ambiente también ha sido documentado, como lo son los repetidos incidentes de mortalidad de peces y camarones en los ríos, la presencia de residuos de plaguicidas en aguas, sedimentos, suelos y organismos acuáticos, y la disminución de la biodiversidad acuática (Castillo, 2000; Castillo *et al* 2000, Castillo *et al* 1997).

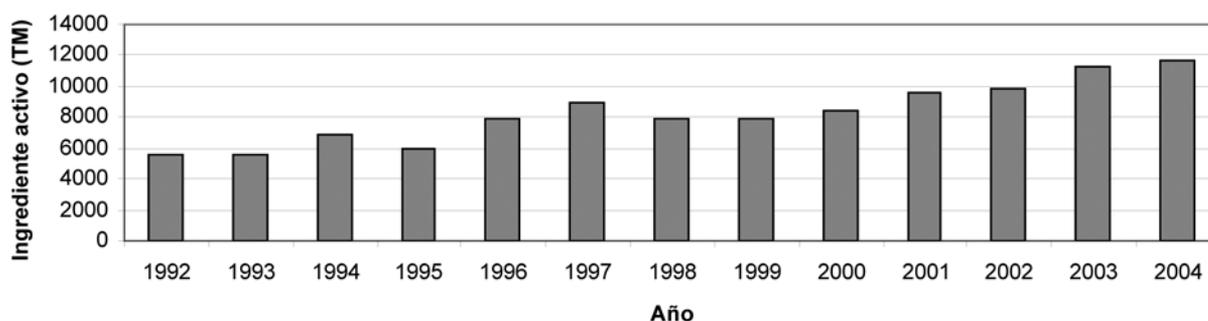


Figura 1. Importación de plaguicidas en Costa Rica, período 1992-2004.

En un análisis efectuado en quebradas y ríos ubicados en zonas de cultivo de banano se encontraron residuos de plaguicidas en aguas y sedimentos. Algunos de estos plaguicidas, incluyendo la mayoría de los insecticidas y nematicidas utilizados en este cultivo, representan un riesgo de toxicidad aguda o crónica para los organismos acuáticos. El 76% de 21 muestras de agua recolectadas contenía al menos un plaguicida en concentraciones superiores a los niveles de detección (Castillo *et al* 2000). Recientemente también se han detectado una contaminación importante de las aguas superficiales en otras zonas de agricultura intensiva como arroz y piña (Castillo y Ruepert, 2001; Martínez, 1999).

En este contexto, es importante anotar los esfuerzos que se realizan a nivel nacional por mitigar este problema, como lo son la implementación de certificaciones ambientales, certificaciones de buenas prácticas agrícolas y certificaciones de agricultura orgánica en Costa Rica. Existen ejemplos exitosos como el control biológico en el cultivo de caña y café, la solarización como método de desinfección de suelos en melón y el incremento de áreas de producción orgánicas. Todo lo anterior demuestra que el sector agrícola, con el apoyo pertinente, tiene capacidad de respuesta a esta problemática. Sin embargo, se requieren de mayores esfuerzos en la búsqueda de opciones agrícolas más acordes con el desarrollo sostenible. (García, 1997, Chaverri, 2002<sup>b</sup>)

El modelo de los sistemas agrícolas que se ha fomentado en Costa Rica por muchos años, que exige mayor competitividad, ha descansado fuertemente en el uso de agroquímicos. El empleo unilateral de plaguicidas como método de control de plagas se ha convertido en el modelo dominante en casi todos los cultivos costarricenses. De ahí la importancia y necesidad de implementar proyectos que busquen disminuir o eliminar el impacto de los plaguicidas. Pero para lograr esto es necesario la participación activa de cuatro sectores elementales: los productores, el gobierno, la sociedad civil y las universidades o instituciones de investigación agrícola (Chaverri, 2002<sup>b</sup>).

La promoción de alternativas al uso de plaguicidas abarca muchos aspectos y debe analizarse desde un punto de vista interdisciplinario, destacándose tres aspectos: el primero es el compromiso que debe asumir el país de reducir el consumo de sustancias peligrosas que atentan contra el ambiente y la salud pública; el segundo es la promoción de tecnología viable que desminuya o elimine los riesgos asociados al uso de plaguicidas sintéticos; el tercero es la necesidad de mejorar la competitividad en los mercados de los productos agrícolas producidos bajo sistemas amigables. (Chaverri, 2002<sup>b</sup>).

El éxito en la implementación de programas orientados a disminuir los riesgos asociados a los plaguicidas

debe estar basado en actividades que promuevan la implementación de parcelas demostrativas, el fortalecimiento de la investigación tanto experimental como la validación en fincas comerciales y en el apoyo a los productores en la implementación de alternativas a escala comercial. Solo mediante este proceso se puede pretender que a corto y mediano plazo los productores nacionales estén preparados para enfrentar este reto y colocar a Costa Rica como un ejemplo en el cumplimiento de compromisos ambientales y de salud humana.

Una mediada oportuna en este sentido es el programa de gobierno para acelerar la eliminación del uso de Bromuro de Metilo, plaguicida altamente peligroso, de elevado consumo en Costa Rica y que afecta a la capa de ozono. Siendo este un proceso participativo con todos los sectores involucrados que ha logrado una reducción en el consumo de esta sustancia superior al 50% entre 1999 y el 2004. Esta meta ha ido más allá del simple cumplimiento de los lineamientos del Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal y pretende posicionar a los productores nacionales con mejores condiciones de competitividad en un mercado internacional que se ha tornado más exigente en cuanto a la calidad ambiental y social de los productos que consume.

## LITERATURA CITADA

1. Castillo, L.; De la Cruz, E; Ruepert, C. 1997. Ecotoxicology and Pesticides in Tropical Aquatic Ecosystems of Central America. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16(1):41-51.
2. Castillo, L. 2000. Pesticide impact of intensive banana production on aquatic ecosystems in Costa Rica. Doctoral dissertation. Department of System Ecology, University of Stockholm. Suecia.
3. Castillo, L.; Ruepert, C; Solís, E. 2000. Pesticida residues in the aquatic environment of banana plantation areas in the north Atlantic zone of Costa Rica. *Environ. Toxicol. Chem.* 19:1942-1950.
4. Castillo, L; Ruepert, C. 2001. Estudio preliminar de la calidad del agua superficial en la zona de Volcán, Buenos Aires de Puntarenas. Informe para la Defensoría de los Habitantes. IRET-UNA, Heredia, Costa Rica.
5. Chaverri, F; Blanco, J. 2002. La importación de plaguicidas en Costa Rica, período 1992-1993. EUNA, Heredia, Costa Rica. 43 p.
6. Chaverri, F. 2002<sup>a</sup>. Importaciones y uso de plaguicidas en Costa Rica, análisis del período 1994-1996. EUNA, Heredia, Costa Rica. 58 p.
7. Chaverri, F. 2002<sup>b</sup>. La agricultura orgánica y su promoción como alternativa al uso unilateral de plaguicidas en Costa Rica. *In* Materia Orgánica, características y uso de insumos en suelos de Costa Rica. Ed Briceño, J. et al. EUNA, Heredia, Costa Rica. 107 p.
8. Chaves, J; Partanen, T; Wesseling, C; Chaverri, F; Monge, P; Ruepert, C; Guardado, J; Aragón, A; Kauppinen, T. 2004. Matriz de exposiciones ocupacionales a agentes carcinogénicos y plaguicidas en Costa Rica. Serie Informes técnicos IRET N° 2. IRET, Heredia, Costa Rica. 62p.

9. García, J. 1997. Introducción a los plaguicidas. EUNED, San José, Costa Rica. 476 p.
10. Hijje, L.; Castillo, L.; Thrupp, L.A.; Wesseling, C. 1992. El uso de plaguicidas en Costa Rica. Ed. Heliconia-UNED, San José, Costa Rica. 164 p.
11. IRET. 2005. Base de datos de importación de Plaguicidas. Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional..
12. Martínez, E. 1999. Macroinvertebrados bentónicos de Palo Verde. Tesis de Licenciatura en Biología. Escuela de Biología, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
13. Partanen, T; Wesseling, C. Human health effects of persistent organic pollutants. A review. Serie Informes Técnicos IRET. IRET, Heredia, Costa Rica. 114 p.
14. PLAGSALUD. 2001. Manipulación, consume y residuos de plaguicidas en las hortalizas y frutas. San José, Organización Panamericana de la Salud, OMS, Agencia Danesa de Cooperación Internacional y Centro de Investigaciones en Contaminantes Ambientales UCR.
15. Thrupp, L.A. 1991. Sterilization of workers from pesticide exposure: the causes and consequences of DBCP-induced damage in Costa Rica and beyond. *Int. J. Health Services* 21:731-757.
16. Van Wendel de Joode, B; Wesseling, C; Kromhout, H; Monge, P; García, M; Mergler, D. 2001. Chronic nervous system effects of long-term occupational exposure to DDT. *Lancet* 357:1014-1016.
17. Wesseling, C; Ahlbom, A; Antich, D; Rodríguez, A.C. Castro, R. 1996. Cancer in banana plantation workers in Costa Rica. *International Journal of Epidemiology* 25(6):1125-1131.
18. Wesseling, C; 1997. Health effects from pesticide use in Costa Rica, an epidemiologic approach. Ph.D. Dissertation, Karolinska Institute. National Institute for Working Life, Estocolmo, Suecia. 307p.
19. Wesseling, C; Ruepert, C ; Chaverri, F. 2002. Safe use of pesticides: a developing country point of view. Ed Pimentel, D. *Encyclopedia of Pest Management*. Marcel-Dekker, New York, EUA.

## EL QUEHACER COTIDIANO: UN ASUNTO DE ÉTICA AMBIENTAL

Nelly López Alfaro<sup>a\*</sup>

### RESUMEN

Este trabajo tiene como fin un llamado a la reflexión sobre nuestro accionar cotidiano pero desde una perspectiva diferente. Este texto pretende ser un motivador para activar una lupa sobre cada pequeña actividad que desarrollamos durante el día, durante nuestra vida. Ese diario vivir no podría existir sin nuestro entorno, pero cuantas veces reflexionamos sobre las consecuencias de cómo inciden nuestros actos en las condiciones del medio. A pesar de la información a la que tenemos acceso sobre la situación social, económica y ambiental, los datos siguen mostrando un sensible deterioro de la naturaleza. Este es un llamado a la responsabilidad individual desde una visión integral.

### I. INTRODUCCIÓN

El abordaje del tema ambiental durante muchos años fue delegado a profesionales de las Ciencias Naturales, sin embargo en la última década cada vez toma más auge la visión social de esta temática. Ese es también el contexto de cómo un grupo de profesionales de diferentes disciplinas llegamos a trabajar en el tema de la ética ambiental.

La experiencia de trabajo en temas de ordenamiento territorial, educación, comunicación, riesgos naturales, ciencias políticas, sociología, geografía, biohidrología, entre otras disciplinas nos unió para plantearnos un proyecto de investigación y extensión comunitaria titulado: "Saber Ambiental: en la educación formal costarricense", dicha experiencia tuvo una duración de tres años (2000-2002).

El proyecto se centro en espacios de enseñanza aprendizaje en las escuelas e incursiono en las comunidades con talleres y la elaboración de un periódico comunal. La experiencia nos dejó grandes enseñanzas, pero la práctica nos hizo comprender que el problema iba más allá de la educación formal y que los problemas de conciencia y cambio de actitud no se resuelven enfocando desde las aulas escolares los temas de ambiente. Esta experiencia sirvió para reorientar el proyecto y así se planteó una segunda etapa bajo el nombre: "Saber Ambiental: Acción y teoría

para la promoción de la calidad de vida", el cual se desarrollo durante los años 2003-2005.

Ese etapa tuvo como fin estudiar las causas de porque en su mayoría las personas no cambian sus hábitos cotidianos, aun siendo conocedores de la situación ambiental por la que atraviesa nuestro planeta, lo cual se traduce a nuestro país, a nuestra comunidad y por lo tanto a nuestro entorno cotidiano.

En más de diez años de trabajar haciendo aportes científicos y técnicos en diferentes áreas del tema ambiental o social, las condiciones ambientales se han deteriorado, pero además responsabilizamos a otros de su abordaje. Esta preocupación dio como consecuencia el planteamiento de los siguientes objetivos de trabajo:

#### **Objetivo general:**

Contribuir a la sistematización de teorías, métodos, saberes y prácticas como aporte a la comprensión del tema ambiental en la sociedad costarricense.

#### **Objetivos Específicos:**

1. Recopilar y sistematizar saberes y prácticas relativos a temas ambientales que permitan facilitar procesos de concientización para una adecuada calidad de vida.

2. Gestionar iniciativas que faciliten la comprensión de temas ambientales desde una visión holística.
3. Vincular teorías y métodos con las prácticas populares para lograr un enfoque integral del tema ambiental.

Con estos objetivos se tomaron como principales líneas de acción la construcción de un pensamiento crítico, desde la interdisciplinariedad y el abordaje del saber ambiental desde diferentes puntos de vista propiciando el intercambio y la revalorización de los diferentes conocimientos sobre el ambiente a partir del pensamiento popular y el pensamiento técnico científico, pero promoviendo el protagonismo creativo de las comunidades en la gestión ambiental participativa.

Durante las dos etapas del proyecto se utilizaron diferentes metodologías cuantitativas y cualitativas, donde se abordó masivamente el tema con técnicas cuantitativas: encuestas -a poblaciones de representación general en varios espacios territoriales del país-, pero siempre enmarcadas dentro de la investigación acción – participación. La diferencia para la segunda etapa fue el establecimiento de una estrategia metodológica donde el centro de acción era un centro educativo pero con un abordaje desde diferentes poblaciones de estudio y trabajo, las cuales paralelamente aportaban a un enfoque teórico de la temática en la construcción de una ética ambiental.

## II. ALGUNOS CONCEPTOS PARA REFLEXIONAR

Al iniciar el proyecto en el año 2000 el término “Saber Ambiental” fue pionero en su uso en Costa Rica. La trayectoria del proyecto en sus dos etapas con sus diversas metodologías de investigación y análisis nos hizo posible conocer diferentes percepciones que las personas tienen sobre saber ambiental. Esta experiencia nos

posibilitó la incursión en la creación y adaptación de técnicas cualitativas que nos permitieran conocer a profundidad los comportamientos y percepciones de sus acciones cotidianas relacionadas con el ambiente.

En los primeros años diseñamos la siguiente definición de saber ambiental: “Sistema de prácticas y conocimientos científicos o no, que expresan la relación naturaleza-sociedad en un nivel concreto. Favorece el desarrollo y transmisión de un conocimiento con empatía hacia el ser humano y hacia la naturaleza. Favorece también una visión holística y sincrética entre conocimiento y práctica”. (López, *et al.* 2003)

La necesidad de crear una definición que abarcara los diferentes puntos de vista resultó en un concepto complejo y difícil de aplicar es por lo que a lo largo del proyecto se reconstruyó en una variedad de ocasiones terminando por constituirse de la siguiente forma: “Sistema social de conocimientos y prácticas con sentido ético, tendente al desarrollo sustentable, que expresa su relación empática con otras manifestaciones de vida”. (López, *et al.* 2006)

El Saber Ambiental por consiguiente representa aprender de lo que hacemos y no sólo de lo que pensamos, debe haber claridad en el conflicto y la revaloración desde cada una de las poblaciones, el Saber Ambiental como nuevo sistema social implicará necesariamente comprender los significados y los momentos oportunos para preservar todas las manifestaciones de vida que conviven en el Planeta. (López y Carrillo, 2005)

Hay que tener presente que el sentido de algo siempre se compone de significados diversos y simultáneos, de manera que encontrar el sentido de algo consiste en descubrir el conjunto de significados simultáneos que ese algo tiene para el grupo de gente que lo vive, como son:

En sí mismo el concepto es un llamado al reconocimiento de los diferentes conocimientos que conviven en nuestras sociedades y que se expresan en las prácticas cotidianas, enmarcadas en una visión y compromiso ético individual y colectivo.

<b>El significado de las cosas materiales</b>	Por ejemplo, una vieja máquina de escribir, puede ser una herramienta para los abuelos, una máquina vieja para sus hijos y una hermosa pieza de antigüedad para sus nietos
El significado de las diferentes costumbres de la vida cotidiana	son apreciadas y tenidas en un alto valor, aunque no sean costumbres aceptadas por todos los toda la comunidad.
El significado de las normas que rigen nuestra vida en sociedad	Exigidas para todos los miembros de una comunidad, es la aceptación y observancia del conjunto de reglas o normas que regulan la vida en común.
El significado usado y conocido de las palabras usadas en la comunicación verbal	La gente se reconoce en su nivel social, por la forma de expresarse.
El significado de los sistemas simbólicos	Sentido sólo es cabalmente comprendido y conocido por los miembros de la comunidad (incluyendo mitos y observancias religiosas).
El significado del sistema de valores	<b>Guía las normas, las costumbres, y los sistemas simbólicos compartidos.</b>

## **Aprender a Aprender la Complejidad Ambiental**

El concepto expresado anteriormente no fue creado para ser puesto en un diccionario o en un libro. Es la expresión de un llamado a la conciencia humana de que es necesario desaprender los conocimientos consabidos y construir un nuevo conocimiento que se refleje en nuestras acciones cotidianas. El saber ambiental es un cuestionamiento sobre las condiciones ecológicas de la sustentabilidad y las bases sociales de la democracia y la justicia.

Citando a Enrique Leff es una construcción y comunicación de saberes que pone en tela de juicio las estrategias de poder y los efectos de dominación que se generan a través de las formas de detención, apropiación y transmisión de conocimientos. (Leff, 2000)

En abordaje del tema ambiental es una telaraña compleja de conocimientos, vivencias, prácticas, mitos y realidades que se entremezclan en conductas individuales y colectivas que tiene repercusiones en el tiempo y en los diferentes espacios geográficos del planeta.

### **Ética Ambiental un Asunto Cotidiano**

El tema de la ética ambiental pasa por la toma de conciencia individual y colectiva. Es necesario entender e interiorizar que nuestra tierra es como una gran nave que nos pertenece a todos. La ética no es un tema abstracto de filósofos o pensadores, la ética es la concienciación de nuestras acciones cotidianas, es tomar en cuenta que podemos modificar la realidad de la naturaleza sin destruirla. Es transformar nuestro entorno, donde el progreso y el bienestar se unen armoniosamente para la conservación y cuidado del planeta.

La ética ambiental lleva consigo una relación armónica de equilibrio entre las necesidades, los deseos y las actividades humanas, por tanto es necesario la unión entre:

- Ciencia y conciencia
- Ser y deber ser
- Hechos y valores
- Vida y norma

El principio ético de Kant, nos dice "Actúa de tal manera que las consecuencias de tu acción sean compatibles con la permanencia de una vida genuina en la tierra", este principio es un paso a la conciencia de que nuestros conocimientos se reflejan en las acciones cotidianas y si no actuamos conscientemente viviremos la consecuencia de nuestros actos.

Durante mucho tiempo la educación se ha visualizado como el proceso mediante el cual se llega a la conciencia de la humanidad. La experiencia nos señala

que la educación con principios éticos de acción ambiental puede construir una visión más amplia sobre la vida, un contacto más intenso con la naturaleza, una percepción más clara sobre el papel a desempeñar en la sociedad y sobre nuestro reingreso consciente a la naturaleza, tratando de fundamentar sus acciones en valores y principios.

La formación de hábitos de preservación de la naturaleza es un asunto de ética. Es por eso que se debe trabajar desde la comprensión de las acciones cotidianas para despertar la conciencia individual, familiar y colectiva. (Estrategia integrada Saber Ambiental, se explicará más adelante)

Es por eso que desde el Proyecto "Saber Ambiental: de la teoría a la práctica para una mejor calidad de vida" se visualizó la necesidad de reconocer la importancia de la ética ambiental para desarrollar procesos colectivos que permitieran educar bajo la concepción de responsabilidad, transformando a cada persona en consumidores moderados; creando una conciencia ambiental en donde el ser humano sea parte de la naturaleza y su sobrevivir, la relación que establezca con la naturaleza debe despertar valores de solidaridad y respeto convirtiéndola en una cuestión ética.

Pero para tratar el tema de ética se debe partir de los valores que tenemos las personas y que manifestamos en nuestras actitudes y nuestros comportamientos. Los valores son relativos, ya que se dan según las características peculiares de cada sistema social o cultural. Son como guías de conducta derivadas de experiencias singulares a nivel individual o colectivo que propician la calidad de vida personal y fomentan el bien de la comunidad.

Cada persona, comunidad o país, desarrollan su conjunto de valores que le dan identidad propia. Para que los valores lleguen a ser propios de una cultura deben estar determinados por:

- La duración: tiempo de vigencia.
- La extensión: cantidad de personas que los practiquen y la intensidad con que penetren geográficamente.
- La intensidad: reacción asumida al sentir que se quebranta o pisotea un valor.
- El prestigio: el significado que reviste el poseer determinado valor. (Motta, C.1994)

Debemos tener presente que los valores representan una forma de vida y proporcionan un sentido de dirección a la existencia humana. Para decir que se posee un valor, se deben procurar formas de ser en función de producir el bien de las personas, de la comunidad. Tener valores es la capacidad de decidir lo que es más importante, según cierto orden de prioridad. No es sólo

decir que se aprecia algo, sino demostrarlo con acciones. Es actuar consecuentemente con lo que se dice. (Raths, 1967 y Motta, 1994)

La adopción y vivencia de valores permiten construir una visión crítica de la vida, con metas, sentimientos, intereses y experiencias de cada individuo. Se debe comprender que los valores son necesarios para vivir mejor y establecer adecuadas relaciones. Se debe tener una convicción razonada y firme de que algo es bueno o malo, conveniente o no. Se eligen libremente, y representan las potencialidades de cada persona al servicio de la comunidad, expresadas mediante actitudes personales.

Se desarrollan mediante un proceso personal a lo largo de la vida, a través de las diferentes etapas de desarrollo y de crecimiento de cada persona. Es por eso que los valores se pueden clasificar en cuatro grupos, como nos lo propone la Comisión de fortalecimiento de valores, del Ministerio de Educación Pública:

- **Personales:** Permiten la realización personal y el sentido por la vida: libertad, autoestima, dignidad, autonomía...
- **Sociales:** Contribuyen a crear sociedades justas, comunitarias y progresistas: la paz, la justicia, la tolerancia, la solidaridad, el trabajo, participación, compañerismo, la salud...
- **Morales y éticos:** Propician en las personas la felicidad y el respeto por la vida, por los bienes y derechos: honestidad, compromiso, amor, sexualidad responsable, respeto a la vida, lealtad, responsabilidad...
- **Culturales:** Conducen al fortalecimiento de la estructura social y el sentido de nación: democracia, identidad nacional, civismo, respeto por lo autóctono, la excelencia, la belleza... (Comisión para el fortalecimiento de los valores. MEP. 1990)

Al hablar de valores es necesario aclarar lo que se puede considerar como un valor, en el sentido moral y humano. Para lo cual la razón y el cuestionamiento, juegan un papel importante para que las personas vean con mayor claridad sus propios valores y el desarrollo de su moral.

En la vida cotidiana la selección de valores es de libre elección entre una serie de alternativas y debería ir acompañado de una cuidadosa reflexión. Pero para apreciar un valor se debe reconocer o afirmar públicamente. Por lo que el acto de respetar un valor consiste en apreciarlo y disfrutarlo. Esta acción supone incorporar un valor a la conducta real, poniéndolo en práctica de manera constante para transformarlo en una línea de conducta.

Lo anterior nos debe llevar a reflexionar sobre los problemas en el ambiente mundial, del país y de la localidad en que vivimos y desarrollamos actividades económicas, sociales y culturales. Como consecuencia la

vivencia cotidiana nos debe cuestionar qué podemos hacer para prevención y solución de los problemas ambientales que vivimos. La protección del ambiente tiene una responsabilidad individual, familiar, comunitaria, de la sociedad y del Estado y esa responsabilidad es ineludible.

La participación de todo el público tanto en la gestión como en la toma de decisiones es necesaria. La educación ambiental formal ha sido asumida en el país por el MEP como parte del proceso de reforma educativa, pero eso no nos releva de nuestra labor de educadores permanentes en nuestros hogares, con nuestras amistades y familiares, o en el trabajo y en cada espacio de nuestra cotidianidad, el bus, el parque, el supermercado, etc. Las generaciones actuales que no han recibido este tipo de educación no reconocen el valor de la naturaleza y lo subvaloran. Es nuestro deber aportar para hacer cambiar las cosas.

### III. UNA EXPERIENCIA QUE CONTAR: "DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA"

La práctica desarrollada por el Proyecto fue dirigida a generar una experiencia piloto desde un centro educativo semi privado que tiene estudiantes de preescolar, primaria y secundaria. Este centro educativo se había definido a sí mismo como de vocación ambientalista pero nunca había valorado su propio accionar ya que consideraban que la política y las instrucciones al personal docente eran suficientes para ser considerados ambientalistas.

La característica de ser un centro educativo con un convenio establecido y firmado con la Universidad Nacional la convirtió en un laboratorio ideal para poner en práctica la estrategia definida en el equipo de trabajo del proyecto. Esta estrategia consistía en articular el tema ambiental holísticamente desde una perspectiva integral y desde la vivencia cotidiana. La definición de saber ambiental elaborada por el equipo investigador fue el marco general de partida.

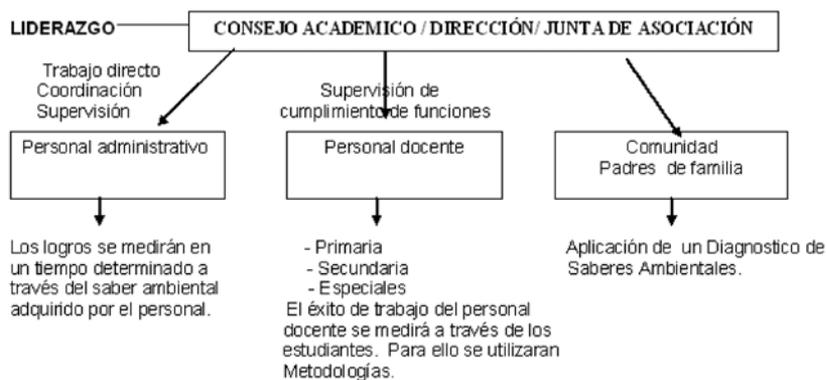
#### **Estrategia de Trabajo**

Concluida la etapa de diagnóstico se elaboró el plan piloto de trabajo con el centro educativo y el personal del proyecto, la propuesta de trabajo se planificó en varios niveles, a saber:

- Comisión académica, Junta de la Asociación y dirección del centro educativo
- Personal docente
- Personal administrativo
- Proyección de acciones a padres y comunidad

En el esquema siguiente se sintetiza la estrategia de trabajo conjunta y con disposición de un centro educativo se puede llevar a cabo, convirtiéndose en una ac-

ción permanente de educación no solo del personal del centro educativo y el estudiantado sino también de sus familias y de la localidad donde se ubica.



Para analizar la funcionalidad de la estrategia a continuación se explican cada uno de los componentes de la misma así como la forma de ejecución:

### 1. Grupo Liderazgo Ambiental

Para potenciar el liderazgo en gestión ambiental y en facilitación académica se propuso inicialmente crear un campo de trabajo con la Comisión Académica, la Junta de la Asociación y la Dirección del centro educativo.

El objetivo general de este trabajo es:

- Diseñar una estrategia que permita ubicar al centro educativo en una posición de liderazgo ambiental en el ámbito educativo.

Los objetivos específicos que operacionalizan el objetivo general son los siguientes:

- Desarrollar acciones de capacitación entre las autoridades del centro educativo en áreas de liderazgo, comunicación y administración de proyectos
- Servir de enlace entre el centro educativo e instituciones públicas y privadas nacionales e internacionales para establecer acciones académicas en la finca
- Promover la formulación de propuestas de investigación-acción, para presentar ante organismos nacionales e internacionales

Los objetivos descritos pretenden potenciar el liderazgo en gestión ambiental y en facilitación académica. De tal manera que la Comisión Académica, la Junta de la Asociación y la Dirección del centro articulan una estrategia de liderazgo, por medio de un trabajo específico, desarrollado desde un equipo de compañeros del

Proyecto Saber Ambiental. Por lo que al trabajar con esta población se coloca de meta el trabajo efectivo con el personal administrativo y una efectiva supervisión con el personal docente para trabajar en la formulación y propuesta de proyectos que reciban apoyo externo. Este trabajo es esencial para el sostenimiento del proyecto una vez que el personal del Proyecto de la UNA se retira.

Los temas a tratar se dirigen a fortalecer las características del liderazgo y del trabajo con estándares de calidad. Otra actividad a desarrollar es el impulso y supervisión de una campaña de divulgación del centro de enseñanza como líder en el campo ambiental.

En esta misma línea de acción el liderazgo será a su vez visualizado al poder determinar líneas de supervisión al sector académico en forma global.

Esta concepción de trabajo coloca a la población seleccionada como la columna vertebral del trabajo. Por lo que las acciones a desarrollar deben ser identificadas en forma conjunta y determinados sus plazos y responsables.

Por su parte el equipo del proyecto Saber Ambiental, brindando el acompañamiento necesario para potenciar el liderazgo en la acción efectiva, sin dejar de lado como punto de partida la concientización e introspección de una ética ambiental para el centro educativo.

La meta es que las actividades propuestas que debe desarrollar la Dirección sean con el personal administrativo y los indicadores de éxito se miden en un tiempo determinado con el personal administrativo para determinar si han modificado conductas y actitudes con relación al ambiente.

### 2. Personal Docente

Con el sector docente se desarrollan actividades de tipo teórico y metodológico para que sus acciones se

reflejen en el sector estudiantil, además se espera que quien continúe con esa labor sea el Consejo Académico posterior a nuestra partida.

Para abordar el trabajo del personal docente se dividió la población en tres grupos: primaria, secundaria y especiales. Además de un trabajo diferente uno como equipos y otro por temas de interés a desarrollar.

Existe un tema importante de trabajo general que se abordó en un taller general de todo el personal docente que es "Ética y valores ambientales". A partir de este tema se trabaja en temas ambientales de interés específico.

Se hizo énfasis de dos metodologías: una de capacitación en formas metodológicas de trabajo en el aula para que el personal docente pudiera aplicar directamente con sus estudiantes en el trabajo temático. La otra dedicada a capacitación en temas ambientales de interés docente para fortalecer los conocimientos técnicos en el tema.

Algunas de las técnicas de trabajo en el aula que a utilizar son las siguientes:

- Mapa semántico
- Tarjetas de clase
- Pizarra mural
- Álbum ilustrativo e informativo

Otras técnicas que se usaron son: portafolio, círculo analítico, juegos de rol y la V de Gowin. Son técnicas que llevan al alumnado a analizar la información que se le dé, permite además de la adquisición de un conocimiento más duradero y significativo.

Estas son solo algunas de las técnicas metodológicas que desde la pedagogía se pueden utilizar también existen técnicas de manejo de grupo que pueden ser utilizadas para la ejecución de temas específicos o de proyectos de clase como el mariposario u otro proyecto que se quiera desarrollar el centro educativo, cuya meta se mide en la aplicabilidad en el aula de las técnicas utilizadas y de la sostenibilidad de los proyectos específicos que se desarrollen durante el período no lectivo.

Otra meta a lograr con esta población de trabajo es que el personal docente identifique temas específicos en materia ambiental que se convierten en temas de trabajo para la elaboración de unidades didácticas para el quehacer en el aula, esto se inició a partir de una sesión de trabajo donde se compartió una experiencia exitosa en un tema específico como lo es la unidad didáctica de riesgos naturales elaborada por un equipo de investigadores de la universidad.

El éxito de este trabajo se evalúa en el nivel de influencia en las acciones cotidianas del estudiantado, por lo que se definen instrumentos de medición que llevan implícito la filosofía de calidad y de ética ambiental, se

mide el nivel de apropiación del alumnado de los conceptos y actitudes ambientales para mejorar su calidad de vida y por supuesto la del centro educativo.

### **3. Grupo de Influencia Indirecta**

El grupo de influencia indirecta está definido por los padres de familia del alumnado del centro educativo y la comunidad aledaña a la ubicación del mismo. El trabajo realizado debe ser monitoreado desde la Junta de la Asociación con la idea de que sea quien de seguimiento a este sector de trabajo una vez el equipo investigador haga retiro del trabajo en el centro educativo.

Deberá ser articulado desde el liderazgo del Comité Académica y de la Dirección, así como de las actividades que desde la docencia se proyecte a sus familias y a la comunidad circunvecina. Para trabajar con esta población se parte de una acción coordinada y planificada desde los dos sectores de la población antes mencionado.

Inicialmente se efectúa un diagnóstico con el sector de padres de familia para conocer como concibe al centro educativo, este diagnóstico ayuda a definir la estrategia de trabajo que pueden ser tareas extracurriculares desde las aulas que requirieran el involucramiento de sus padres y hermanos o hermanas o algún otro familiar.

Paralelamente se diseña una campaña de divulgación donde familiares de la población estudiantil se involucren en su aplicación. El indicador de éxito de esta sección de trabajo es medido en el grado de conocimiento que del tema ambiental tengan los miembros del hogar sobre temas ambientales.

Otro producto que se puede alcanzar es el diagnóstico de la situación sobre los saberes populares en términos de ambiente que se maneja en la comunidad circunvecina, ejecutado como trabajo comunitario de los niveles de décimo y undécimo, esto puede complementarse con ferias que realice el centro educativo e invitando a la comunidad a que también participe en las actividades ambientales. En nuestro caso como existía una quebrada cerca las actividades que se planificaron fueron de recuperación de la cuenca y a la población en general le interesaba.

## **IV. LECCIONES APRENDIDAS: A MODO DE CONCLUSIÓN**

La primera lección aprendida es que no se puede realizar ningún trabajo de concientización ambiental si las personas no tienen disposición de participar. Lo que nos lleva a que el trabajo no puede ser impuesto desde las instancias de mando pero si introducido lentamente con acciones que vayan despertando el interés individual y colectivo.

La segunda lección es que el trabajo a nivel en temas de ambiente no solo es de políticas sino de acciones y para lograr el cambio se debe visualizar un proceso de transformación continuo y de largo plazo.

La tercera lección es que al abordar temas ambientales es necesario remitir a la población de trabajo a las acciones cotidianas con una revisión de los valores que acompañan cada acción ejecutada.

La cuarta lección es la necesaria coordinación de equipos interdisciplinarios para el abordaje de temas específicos y la relevancia de fomentar la creación de equipos de liderazgo ambiental para garantizar la aplicación sostenida en el tiempo de acciones a favor del ambiente.

Finalmente a modo de conclusión se debe señalar que es necesario trabajar para despertar la conciencia de que la protección del ambiente desde una responsabilidad individual, familiar, comunitaria, de la sociedad y del Estado. Donde la responsabilidad individual es irrenunciable, por tanto es necesaria la observación de nuestras acciones cotidianas por pequeñas que parezcan y asumir el compromiso del cambio.

Desde nuestra posición en la sociedad (centro educativo, lugar de trabajo, entre otros) se debe fomentar el cambio social a partir del desarrollo de valores, actitudes y habilidades para asumir una responsabilidad ambiental.

Asumir que se educa con el ejemplo, por tanto el accionar individual es una herramienta para mejorar las relaciones entre seres humanos y con el medio, y por lo tanto se puede incidir en la prevención y resolución de problemas ambientales.

Como reflexión final esta cita para meditar sobre nuestro accionar y nuestras posibilidades de cambio.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Comisión para el fortalecimiento de los valores. 1990. "Estrategia para la Educación". Ministerio de Educación Pública. MEP.
2. Gobierno de Costa Rica. "Constitución Política de la República de Costa Rica". Edición Conmemorativa de su cincuentenario 1949-1999. Grupo La Nación. 1999.
3. Instituto Nacional de Estadística y Censos. INEC. 2001. IX Censo Nacional de Población y V de Vivienda. Costa Rica.
4. López A., Nelly y otros. 2004. "Intereses y necesidades ambientales del personal del Centro Educativo Universidad Nacional". Documento de trabajo. IDESPO. UNA.
5. Ramírez Elizabeth. 2001. Población, Ambiente y Desarrollo. Ponencia presentada 11 de julio, 2001. Actividad conmemorativa del Día Mundial de la Población: Población, Desarrollo y Ambiente. Realizada por el Fondo de Población de las Naciones Unidas UNFPA-FNUAP y la Universidad Nacional (UNA).
6. Raths, 1967 y Motta, 1994. En Ponencia "Ética del desarrollo y la Educación ambiental". 2001. Jimenez, Cecilia. Taller sobre estrategias de trabajo para la educación ambiental. Organizado por la Universidad Nacional UNA con el apoyo del Fondo de Población de las Naciones Unidas UNFPA-FNUAP.
7. Toynbee, Arnold J; Ikeda, Daisaku 1980. "Escoge la vida". Emecé Editores, Buenos Aires.

## NOTAS

- a "La raíz de la contaminación es la codicia. El poder que el ser humano adquirió sobre su medio ambiente ha alcanzado ya un grado en que dicho poder podría determinar su misma destrucción, si continúa empleándolo al servicio de su codicia" (Toynbee, Arnold J; Ikeda, Daisaku (1980). "Escoge la vida". Emecé Editores, Buenos Aires.)
- \* Es investigadora del Instituto de Estudios Sociales en Población (IDESPO), en la Facultad de Ciencias Sociales, de la Universidad Nacional. Teléfono 562-4135. Apto 1697-2100, San José, correo electrónico: nlopez@una.ac.cr

## BIOCOMERCIO: DESARROLLO ECONÓMICO EN ARMONÍA CON EL AMBIENTE

Ana Lorena Guevara Fernández.<sup>a</sup>  
E-mail: lguevara@inbio.ac.cr

### INTRODUCCIÓN

Con la firma y ratificación del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), establecido en el año 1992, los países signatarios afirmaron su compromiso por la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, reconocieron el valor de la biodiversidad como fuente de desarrollo y reafirmaron los derechos soberanos sobre sus propios recursos.

El reto que estos países asumieron a partir del CDB se conjuga con otros compromisos internacionales que obliga a establecer estrategias de desarrollo muy bien delineadas, que permitan lograr un equilibrio entre conservación, alivio de pobreza y desarrollo.

Para los países ricos en biodiversidad, muchos de ellos en vías de desarrollo, la situación se torna compleja, pues por un lado son deficitarios de recursos financieros para alcanzar los objetivos de conservación y por otro, requieren promover actividades productivas generadoras de empleo y de riqueza, principalmente en áreas rurales cercanas o aledañas a las áreas protegidas donde frecuentemente se concentran los niveles más altos de pobreza.

Por otra parte, la biodiversidad se constituye en el capital natural que provee a la humanidad de recursos indispensables para la vida, así como de bienes y servicios que se requieren para el desarrollo y la creciente demanda por alimentos y otros productos relacionados con la satisfacción y el mejoramiento de la calidad de vida del ser humano.

La puesta en marcha de una estrategia ordenada y planificada para el uso sostenible de la biodiversidad, basada en los principios que establece el CDB: *conservar la diversidad biológica, utilizar adecuadamente los recursos biológicos y compartir de manera justa y equitativa los beneficios que se deriven del uso de los recursos genéticos*, plantea una opción interesante para la producción de bienes y servicios diferenciados o con valor agregado.

Precisamente la Inicitiva Biocomercio o Biotrade Initiative, que promueve la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD por su acrónimo en inglés) tiene como objetivo promover el comercio y la inversión en recursos biológicos en apoyo al desarrollo sostenible y en línea con los tres objetivos del CDB. Para ello se promueve en los países el establecimiento de programas nacionales de Biocomercio.

La UNCTAD/Biotrade Initiative ha definido el biocomercio como *“aquellas actividades de producción, transformación y comercialización de productos y servicios derivados de la biodiversidad que involucran prácticas que apoyan la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad y que son generadas tomando en cuenta criterios ecológicos, sociales y económicos”<sup>b</sup>*.

Los Programas Nacionales de Biocomercio (PNB's) que promueve la UNCTAD se sustentan en el enfoque de cadena de valor que se define como *“la alianza entre productores, procesadores, distribuidores; comercializadores, autoridades e instituciones de apoyo quienes partiendo de una demanda del mercado establecen una visión conjunta para reconocer necesidades comunes, trabajar conjuntamente en el cumplimiento de metas y compartir los beneficios y riesgos asociados, así como invertir tiempo y recursos económicos para alcanzar las metas planteadas”<sup>c</sup>*.

Con este enfoque se pretende identificar de manera integral las fortalezas, las necesidades y limitaciones de productos o sectores seleccionados, de modo que se puedan implementar estrategias que conduzcan al comercio sostenible de productos derivados de la biodiversidad y que permitan generar beneficios ambientales, sociales y económicos entre los miembros de la cadena.

En la actualidad cuatro países andinos Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú tienen en operación programas nacionales de Biocomercio. Otros países como Brasil, Venezuela, Paraguay y Uganda se encuentran en el proceso de formulación. Costa Rica por su parte, gracias al proyecto “Fase inicial para la implementación de un

Programa Nacional de Biocomercio” que fue ejecutado por el INBio, con el apoyo político del MINAE, cuenta ya con una propuesta concreta para la puesta en marcha de un PNB.

La formulación de un PNB requiere la participación de actores relevantes tanto del sector ambiente como de comercio, abarcando desde entidades gubernamentales, ONG’s, hasta entidades del sector privado. Se trata de un proceso para el cual la UNCTAD recomienda se sigan los siguientes pasos:

1. La elaboración de un diagnóstico general sobre el estado del comercio de productos y servicios derivados de la biodiversidad en el país. Este diagnóstico debe contemplar el análisis de productos potenciales, oportunidades y problemas, así como una revisión de la institucionalidad y del marco legal relevante.
2. El diseño preliminar del PNB que implica el establecimiento del marco conceptual, o sea la definición de Biocomercio para el país, los principios y criterios a ser considerados para impulsar actividades en el marco del PNB, un glosario de términos y la definición de los enfoques metodológicos. También involucra la definición de la estructura de funcionamiento del programa.
3. La validación de la información recopilada y de la propuesta del programa, a través de reuniones y talleres con expertos, representantes del gobierno y de la sociedad civil.
4. La búsqueda de fondos para la puesta en marcha del PNB, la cual deberá estar sustentada en los requerimientos de la unidad ejecutora y particularmente de los planes de acción que se definan para cada una de las cadenas de valor evaluadas.
5. El establecimiento oficial del PNB mediante un instrumento que lo acredite como tal, por ejemplo a través de un decreto ministerial.

Para el caso de Costa Rica el proyecto de formulación del PNB ejecutado por el INBio<sup>d</sup>, puso en práctica cada una de las fases antes indicadas. Queda pendiente el levantamiento de capital, en el cual ya se viene trabajando, así como el lanzamiento oficial del PNB, que depende en gran medida de que el Gobierno lo acoja como parte de la estrategia nacional de desarrollo.

## EL CONCEPTO, PRINCIPIOS Y CRITERIOS DE BIOCOMERCIO PARA COSTA RICA

A partir del proceso participativo<sup>e</sup> que propició el proyecto de formulación del PNB ejecutado por el INBio se definió el Biocomercio para Costa Rica como *“las actividades que, en cumplimiento de la normativa nacional e internacional vigente, y siguiendo los criterios de equidad y sostenibilidad ambiental, social y económica, involucran el desarrollo y la comercialización de productos, bienes y servicios con valor agregado derivados de la biodiversidad costarricense, con énfasis en las especies nativas”*.

En nuestra definición se han resaltado tres elementos que no se expresan tácitamente en el concepto de Biocomercio que propone la UNCTAD, pero que reflejan el interés de los costarricenses por asegurar la conservación de su riqueza biológica y a la vez, una diferenciación en los productos y servicios que se desean promover a través de un PNB. El cumplimiento de la legislación vigente se considera indispensable para que el Biocomercio contribuya con los esfuerzos de conservación y para que los principios enunciados se cumplan efectivamente. Además la definición enfatiza en que los productos o servicios que se generen en el marco del Biocomercio tengan valor agregado, o sea que se promueva la transformación y no el simple uso y comercialización de materias primas. Asimismo la definición hace un énfasis en “especies nativas”, lo que significa que el PNB deberá enfocarse en la promoción de actividades productivas que involucran el uso de estas especies, esto con el propósito de agregar un factor diferenciador y de apoyar sectores o iniciativas que tienen potencial económico, pero que a la fecha no han contado con apoyo para su desarrollo y consolidación.

Es importante clarificar que el PNB no pretende duplicar los esfuerzos de otras iniciativas que vienen apoyando actividades como la producción orgánica en cultivos como el café, las hortalizas o el banano, sino más bien aquellas que involucran por ejemplo, el uso de frutas tropicales, plantas medicinales o recursos hidrobiológicos que ya han mostrado potencial y que son propias de nuestra región. En definitiva se trata de impulsar actividades productivas que involucran especies nativas (no endémicas necesariamente), entendiéndose por especie nativa, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como “una especie, subespecie o taxón menor, que ocurre dentro de su rango natural (pasado o presente) y su potencial de dispersión (p.e. dentro del rango que ocupa naturalmente o que podría ocupar sin introducción directa o indirecta o sin cuidado del ser humano)”.

Además de los elementos considerados en el concepto de Biocomercio, se establecieron los principios y los criterios que deberán ser considerados como requisitos indispensables para definir y seleccionar las actividades productivas que se promoverán bajo el PNB. Estos son:

#### **PRINCIPIO 1. CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD**

##### CRITERIOS

- 1.1. Mantenimiento o re-poblamiento de poblaciones de especies utilizadas.
- 1.2. Mantenimiento de la variabilidad genética existente de los componentes de la biodiversidad.
- 1.3. Mantenimiento de los procesos ecológicos.

#### **PRINCIPIO 2. USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD**

##### CRITERIOS

- 2.1 Que las actividades que lo requieran cuenten con e implementen efectivamente planes de manejo monitoreados periódicamente, garantizando el uso sostenible de la biodiversidad.
- 2.2 Para el aprovechamiento y uso eficiente de especies silvestres o domesticadas se requiere implementar mejores prácticas de manejo, incluido el manejo adecuado de desechos, y el uso de tecnologías más limpias, entre otras, que contribuyan a la conservación de la biodiversidad, al manejo sostenible de los recursos naturales y al mantenimiento y/o mejoramiento del buen estado de los ecosistemas.
- 2.3 Promover iniciativas que reconozcan la prestación de servicios ambientales.

#### **PRINCIPIO 3. DISTRIBUCIÓN JUSTA Y EQUITATIVA DE BENEFICIOS DERIVADOS DEL USO DE LA BIODIVERSIDAD**

##### CRITERIOS

- 3.1 Identificar la participación de todos (as) los (as) actores, incluyendo los propietarios del recurso, en la cadena de valor.
- 3.2 Generar y distribuir beneficios a los diversos eslabones de las cadenas de valor, a través del posicionamiento de productos de valor agregado en los mercados.
- 3.3 Generación de información y conocimiento sobre la biodiversidad y los mercados actuales y potenciales.

Los beneficios son de dos tipos:

- a. Monetarios: rentas, ventas.
- b. No monetarios: capacitación, transformación tecnológica, acceso al conocimiento, cooperación e investigación, propiedad intelectual, infraestructura, desarrollo de productos.

#### **PRINCIPIO 4. SOSTENIBILIDAD SOCIO-ECONÓMICA (DE GESTIÓN, PRODUCTIVA, FINANCIERA Y DE MERCADO)**

##### CRITERIOS

- 1.1. Existencia de potencial de mercados y comercialización.
- 1.2. Rentabilidad financiera y evaluación de riesgos del proyecto y del mercado.
- 1.3. Generación de empleos dignos.
- 1.4. Mejoramiento de la calidad de vida de los actores involucrados en la iniciativa, con énfasis en los actores locales asociados a los procesos de producción.
- 1.5. Prevención y mitigación de impactos negativos sobre prácticas productivas y culturales locales.
- 1.6. Fortalecimiento de la capacidad organizativa y gerencial.
- 1.7. Programas de financiamiento e investigación acorde a la actividad y al producto.
- 1.8. Desarrollo y fortalecimiento de micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES).
- 1.9. Acceso a la asistencia técnica orientada hacia la competitividad.
- 1.10. Competitividad en los mercados locales nacionales e internacionales.
- 1.11. Promoción, generación y transferencia de nuevos conocimientos, innovaciones y tecnologías.

#### **PRINCIPIO 5. CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL**

##### CRITERIOS

- 5.1 Cumplimiento de la normativa nacional aplicable para el uso de la biodiversidad y el comercio de sus productos, bienes y servicios derivados (manejo de vida silvestre, legislación laboral, fitosanitaria, comercial, estudio de impacto ambiental, aplicación del criterio precautorio, etc.)
- 5.2 Cumplimiento de la normativa internacional para el uso de la biodiversidad y el comercio de sus

productos, bienes y servicios derivados (Convenio de Diversidad Biológica, Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre, Organización Internacional del Trabajo, Organización Mundial del Comercio, entre otros).

- 5.3 En caso de que las áreas donde la iniciativa desarrolla sus actividades sean objeto de un manejo especial, ya sea a través de planes de manejo, ordenamiento, zonificación entre otros, la iniciativa debe enmarcarse en estos planes y trabajar, en coordinación con las autoridades competentes y actores involucrados.

### **PRINCIPIO 6. EQUIDAD SOCIAL EN EL BIOCOMERCIO**

#### CRITERIOS

- 6.1 Tolerancia y respeto a la diversidad cultural, étnica, de género, de edad, y de espiritualidad.
- 6.2 Respeto al origen del conocimiento, incluyendo la propiedad intelectual y el conocimiento y prácticas tradicionales asociadas al uso de la biodiversidad.
- 6.3 Seguridad social y adecuadas condiciones de trabajo a los actores involucrados directamente en los procesos de biocomercio.

### **PRINCIPIO 7. CONOCIMIENTO SOBRE LA TENENCIA DE LA TIERRA, EL USO Y ACCESO A LOS RECURSOS NATURALES E INTELECTUALES**

#### CRITERIOS

- 7.1 Claridad en la aplicación de la normativa sobre el derecho a la tenencia de la tierra.
- 7.2 Acceso y uso sostenible de los recursos biológicos y genéticos de acuerdo a la normativa vigente.
- 7.3 Acceso y uso del conocimiento tradicional y del conocimiento científico y tecnológico, con el debido consentimiento previo de quien ostenta el conocimiento.

### **PRINCIPIO 8. LA INNOVACIÓN COMO BASE PARA EL DESARROLLO DEL BIOCOMERCIO Y LA COMPETITIVIDAD EN COSTA RICA**

#### CRITERIOS

- 8.1 Desarrollo de investigación para innovar procesos del biocomercio.
- 8.2 Generación (e intercambio) de conocimiento sobre recursos genéticos y biológicos.
- 8.3 Acceso, generación y transferencia, apoyo al uso de tecnologías innovadoras (de producción, más

eficientes, más limpias) que favorezcan el uso sostenible de los recursos.

- 8.4 Desarrollo de actividades, productos, bienes y servicios de biocomercio innovadores.

Los principios y criterios definidos por Costa Rica son muy similares a los establecidos por otros países que cuentan con PNB's. Sin embargo cabe resaltar que sólo nuestro país ha incluido el principio de innovación. Los países Andinos (amazónicos) que son los que nos llevan la delantera en Biocomercio, tienen como ventaja comparativa una gran diversidad de productos con potencial económico y con conocimiento tradicional asociado que no nosotros no tenemos, por lo menos no en la magnitud en que ellos lo poseen. Por eso si queremos competir adecuadamente, debemos ser innovadores y ante todo añadir valor a los recursos con que contamos.

### **PRODUCTOS Y SERVICIOS CON POTENCIAL PARA EL BIOCOMERCIO**

El diagnóstico realizado por parte del proyecto "Fase inicial para la implementación de un Programa Nacional de Biocomercio en Costa Rica" revela una cantidad importante de productos y servicios que podrían ser impulsados por el país y que representan alternativas productivas ante la competencia internacional y la caída de precios de los productos agrícolas tradicionales como el café o el banano.

Si bien muchos de los bienes y servicios identificados tienen escaso valor agregado, se restringen a mercados locales tradicionales e informales y los volúmenes de comercialización y venta son relativamente bajos, lo cierto es que algunos de ellos han empezado a ser utilizados como materias primas en procesos productivos de industrias con alto potencial de crecimiento. Entre estos se están:

- Plantas y frutos comestibles, resinas y algunas plantas medicinales poco conocidas, cortezas, cáscaras y plumas para distintos usos, etc.
- Plantas medicinales, de uso conocido (p.e. sábila, hombre grande, mozote, hierbabuena, menta, etc.), frutas y flores silvestres (p.e. moras, nances, pejibayes, mamones criollos, pitahaya, variedades de orquídeas, etc.), especias de uso común como culantro coyote y achiote, miel de abeja, polen y miel de carao, raíces y tubérculos comestibles y para usos terapéuticos.
- Productos no maderables del bosque, utilizados como insumo o materia prima en la fabricación de artesanías, ornamentales y alimentos, con mercados locales y nacionales todavía incipientes. Entre ellos están el mimbre, lanas y musgos, distintas variedades de orquídeas y epífitas, las palmas para distintos usos, etc.

- Los productos no maderables usados como materia prima en la elaboración de bienes con mayor valor agregado o como recursos genéticos para la investigación científica. Entre los más conocidos están: el hombre grande, la raicilla, la zarzaparrilla, etc.
- Plantas medicinales y ornamentales nativas. Se estima que la flora medicinal en Costa Rica se conforma de más de 500 plantas, de las cuales unas 406 se aprovechan, en distintas formas. Según los registros, en el país se comercializan unas 126 plantas medicinales, de las cuales 103 son extraídas o producidas en el territorio nacional. En cuanto a las plantas ornamentales su creciente demanda, ha hecho que alrededor de 85 especies, pertenecientes a 38 familias diferentes de plantas se estén produciendo con fines comerciales, tanto para el mercado nacional como para el internacional.
- Animales silvestres. La situación existente en el país con los animales silvestres, representa una amenaza para su preservación por lo que no constituye ésta una actividad que deba ser promovida en el corto plazo. La elaboración e implementación de planes de manejo o de zoológicos podría ser una alternativa, pero las autoridades mantienen siempre gran cautela con el uso de estos recursos, lo que podría ser una limitante para lograr volúmenes importantes de cualquier producto que se promueva.
- Recursos Pesqueros y Costeros. Se considera que los recursos pesqueros comerciables en el país y fuera de él consisten en cerca de 120 especies de peces, camarones, langostas, moluscos y productos del manglar.

En lo que se refiere a los servicios a partir de la biodiversidad se destacan el ecoturismo, el turismo rural comunitario y los servicios ambientales. Dentro de los servicios ambientales se contempla la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero lo cual revierte especial importancia con la entrada en vigencia del Protocolo de Kyoto en febrero de 2005. Costa Rica, a través del PNB, podría promover la realización de proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que se ajusten a los principios y criterios del Biocomercio por ejemplo, la reforestación con especies nativas.

En cuanto al turismo, las estadísticas muestran que esta actividad contribuye con el 8.7% del Producto Interno Bruto (PIB), generando un ingreso de divisas por más de \$1,500 millones, según cifras del año 2005. El turismo ecológico, respaldado en algunos casos por certificados de sostenibilidad turística, representa uno de los principales atractivos, no obstante en los últimos 5 años se han venido consolidando esfuerzos para dotar a las iniciativas de turismo rural comunitario de una mejor organización y estrategias de desarrollo para la

consolidación de una oferta diferenciada basada en nichos de mercado turístico no tradicional. Estos esfuerzos se han cristalizado en la conformación de tres redes: la Asociación Costarricense de Turismo Rural Comunitario (ACTUAR), el Consorcio Cooperativo Red Ecoturística Nacional R.L. (COOPRENA) y la Red Talamanca de Turismo Comunitario.

Esta modalidad de turismo representa una interesante opción a ser impulsada por el PNB, ya que cumple con criterios de sostenibilidad social, ambiental y económica. En la oferta del turismo rural se incluye hospedaje a pequeña escala, se integra en algunos casos la producción orgánica, el establecimiento de zoológicos y recorridos utilizando medios de transporte tradicionales como la carreta de bueyes, pangas, etc. Todas estas actividades de muy bajo impacto para el ambiente.

## EL ENFOQUE DE CADENA DE VALOR: DEL MERCADO HACIA ATRÁS

La selección y el análisis de cadenas de valor, en el marco de un PNB, es una herramienta que permite tener un conocimiento más amplio de un sector o actividad particular y por lo tanto la identificación de los actores relevantes, las necesidades, limitaciones y fortalezas comunes, que lleven al desarrollo de estrategias sectoriales para la promoción del comercio sostenible de productos derivados del uso de la biodiversidad. Se trata de un proceso enfocado en la demanda de los mercados y en la evaluación del potencial de un determinado sector para ingresar en ellos.

Según la UNCTAD/Biotrade Initiative el término *cadena de valor* se entiende como “las relaciones que se establecen entre los actores involucrados directa e indirectamente en una actividad productiva, con la finalidad de agregar valor a cada una de sus fases. Esto se refiere a la alianza entre productores, procesadores, distribuidores, comercializadores, autoridades e instituciones de apoyo quienes partiendo de una demanda del mercado establecen una visión conjunta para reconocer necesidades comunes, trabajar conjuntamente en el cumplimiento de metas y compartir los beneficios y riesgos asociados, así como invertir tiempo y recursos económicos para alcanzar la metas planteadas”<sup>f</sup>.

Para la selección de cadenas de valor se parte primero del análisis de los productos y servicios identificados con potencial para el Biocomercio. Según la metodología del Biotrade Facilitation Programme (BFTP)<sup>g</sup> en el proceso de identificación de productos se hace una agrupación que resulta en “Grupos de Productos”. La selección parte de criterios ambientales, sociales, tecnológicos y económicos y de mercado entre los que destacan capacidad del sector productivo en términos de volumen de

producción y de capacidad de gestión, la generación de impactos positivos sobre la conservación y uso sostenible de la biodiversidad y el potencial para la generación de beneficios a comunidades locales, entre otros.

En el Cuadro 1 se presentan los productos que han sido seleccionados por los países que cuentan con PNB's.

En el caso de Costa Rica se establecieron 8 grupos de productos (ver cuadro 2) a partir de los cuales se hizo el análisis y selección de cadenas de valor según los criterios antes indicados. Este proceso consistió en una evaluación y pre-selección de productos basada en la información existente y posteriormente en una selección definitiva basada en el criterio de expertos, a los que se les proveyó una matriz de selección. Así se llegó a una priorización que permitió la definición de tres cadenas de valor, las cuales se recomienda sean impulsadas en la fase inicial de la puesta en marcha del PNB en Costa Rica. Estas son producción de pupas de mariposas, turismo rural comunitario y plantas y follajes.

La actividad de producción de pupas de mariposas está concentrada en áreas rurales y es desarrollada principalmente por familias. Se trata de un mercado muy especializado dirigido principalmente a mariposarios (exhibición en áreas confinadas), museos y coleccionistas. Nuestro país tiene poco más de 20 años de experiencia en la crianza de pupas de mariposas para el mercado de exportación y actualmente genera cerca de US\$ 1 millón en divisas. Aunque el potencial de crecimiento es limitado, por el nicho de mercado tan especializado al que se dirige, Costa Rica posee ventajas comparativas que le permitirían ampliar su participación, por un lado la amplia experiencia en producción, la calidad de las pupas y por otro, la diversidad de especies. El reto en el corto plazo está, según el diagnóstico de la cadena de valor realizado, en promover la organización formal del sector (para mayor eficiencia en producción) y en diversificar la oferta. Para esto último es necesario identificar especies con potencial, diferentes y únicas, así como

desarrollar los paquetes tecnológicos para su adecuada producción.

En el caso del Turismo Rural Comunitario (TRC) en los últimos años se han realizando esfuerzos tendentes a la organización del sector y al establecimiento de estrategias para la consolidación de una oferta diferenciada basada en un nicho de mercado no tradicional. Para esto se ha conformado una "Alianza" entre la Asociación Costarricense de Turismo Rural Comunitario (ACTUAR), el Consorcio Cooperativo Red Ecoturística Nacional R.L. (COOPRENA) y la Mesa Nacional Campesina, la cual ha tenido un importante apoyo del Programa de Pequeñas Donaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y de otras organizaciones internacionales.

El TRC al igual que la crianza de pupas de mariposas, es una actividad con un fuerte impacto socio-económico, que involucra principalmente a familias rurales y que de muchas maneras es congruente con los criterios del Biocomercio. Se trata de la generación de empleo y divisas mediante la promoción del turismo, utilizando infraestructura de pequeña escala y actividades recreativas de mínimo impacto ambiental, a la vez que se rescata, conserva y promociona la cultura costarricense. Sin duda una forma de diversificar la oferta turística nacional, que al igual que cualquier otro producto o servicio requiere ser renovada de manera permanente.

En cuanto a plantas y follajes cabe resaltar la experiencia exportadora del país y la oportunidad que esta actividad representa ante la caída en precios e importancia de productos agrícolas tradicionales como el café o el banano. Aunque en el país existen empresas medianas y grandes, tanto nacionales como extranjeras que se dedican a la producción y exportación de plantas ornamentales (plantas, flores y follajes), también muchos pequeños productores organizados en cooperativas u organizaciones comunales constituyen un importante eslabón de la cadena, sobretodo en áreas rurales. El

CUADRO 1  
Productos seleccionados por países que tienen programas de Biocomercio en marcha o en proceso de formulación

Países	Productos
Ecuador	Cacao
Bolivia	Carne y cuero de lagarto (Caimán yacaré)
Colombia	Flores y Follajes Tropicales
Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, Vietnam, Uganda y PhytoTrade Africa (Africa del Sur)	Ingredientes naturales para la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica
Perú	Peces ornamentales y de consumo
Uganda	Ecoturismo

Fuente: BTFP. Biotrade Facilitation Programme. Technical Up date. Octubre 2005

CUADRO 2

Grupos de productos identificados en el diagnóstico de productos y servicios con potencial para el Biocomercio en Costa Rica.

Grupo	Productos
Frutas	Aguacate, anona, cacao, cas, granadilla, guayaba, nance, naranjilla, níspero, pejibaye, pitahya, mora, etc.
Flores y Follajes	Bromelias, Chamaedorea, Epífitas, Heliconias, Zamia, Orquídeas, etc.
Alimentos, suplementos alimenticios, especias	Achiote, culantro coyote, palmito, tacaco, carao, vainilla, miel de abeja, raíces y tubérculos, etc.
Recursos para uso medicinal, cosmético o agrícola	Apazote, cuculmeca, guarumo, mozote, sorosí, saragundí, uña de gato, riania, juanilama, etc.
Recursos para artesanías	chonta, jícaro, lana verde, palmas, semillas, tintes naturales
Mascotas y animales para la alimentación	Chanco de monte, tepezcuintle, Tortuga marina (huevos), etc.
Recursos hidrobiológicos	Camarón blanco, camarón café, corvina picuda, guapotes, ostras, corvina reina, etc.
Servicios y otros	Turismo ecológico y avistamiento de pájaros, turismo rural comunitario, servicios ambientales. Cultivo de peces ornamentales, cría de pupas de mariposas, pesca artesanal, pesca deportiva, etc.

Fuente: Diagnóstico de bienes y servicios realizado por el proyecto "Fase inicial para la implementación de un Programa Nacional de Biocomercio en Costa Rica"

potencial de la producción de plantas ornamentales es alto y ha tenido un crecimiento sostenido a lo largo de los últimos años. De hecho se encuentra dentro de los productos más importantes de la oferta exportable del país. En el año 2005 el rubro "plantas ornamentales" generó al país US\$70.2 millones y el rubro "Follajes, hojas y demás" US\$ 65.4 millones<sup>h</sup>. El reto que plantea este sector para su crecimiento es la creación de una corporación que coadyuve los intereses de pequeños y grandes, así como el impulso a la innovación. Los mercados son cada vez más exigentes, requieren de plantas y follajes diferentes y para esto el país cuenta con una diversidad de especies de plantas aun no explotadas, con un amplio conocimiento sobre su distribución e historia natural y con la experiencia suficiente para iniciar procesos de domesticación y escalamiento. Este proceso es posible sin causar efectos negativos en el ambiente, siguiendo los principios y criterios del PNB.

### MARCO LEGAL, POLÍTICO Y ORGANIZACIONAL PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL PNB

Costa Rica es uno de los países líderes en el mundo en lo que se refiere al tema ambiental y ha sido pionero en el establecimiento de un amplio marco legal en procura de la conservación de su riqueza biológica. Se han emitido importantes leyes como son la Ley de Conservación de la Vida Silvestre, la Ley Orgánica del Ambiente, la

Ley de Biodiversidad y la correspondiente normativa de acceso y uso a los recursos genéticos y bioquímicos, entre otras. Asimismo en materia comercial, el país es signatario de la Organización Mundial del Comercio, lo que le ha obligado a realizar cambios importantes en materia de propiedad intelectual, desregulación, simplificación de trámites, etc. Todo esto aunado al establecimiento de tratados de libre comercio, que llevan a realizar ajustes en la legislación vigente tanto en materia de ambiente como de comercio. El desafío es lograr un equilibrio entre comercio y ambiente.

Según el diagnóstico de marco legal realizado, aunque el país cuenta con una normatividad en materia ambiental muy amplia, presenta un alto grado de dispersión y no responde a un norte único o estrategia definida. Mucha ha sido emitida respondiendo a necesidades puntuales, por lo que se observan traslapes y contradicciones en unas y otras. El concepto de *uso sostenible* de la biodiversidad se ha definido en diversas normas, políticas y estrategias, pero no existe una referencia explícita al término Biocomercio como objeto de regulación.

Aunque la legislación es clara en cuanto al "acceso facilitado" a los recursos genéticos y bioquímicos de los elementos de la biodiversidad y al uso de los recursos biológicos *per se*, en algunos casos se considera que los requisitos y trámites establecidos son excesivos o difíciles de cumplir, especialmente por parte de micro, pequeñas y medianas empresas. También se ha planteado una preocupación por parte de los centros de investigación que ven limitadas sus actividades ante los trámites que

se exigen para desarrollar investigación básica o aplicada para beneficio del sector productivo nacional. Otro es el caso del uso del recurso forestal cuyo marco legal para su aprovechamiento impone cada vez más requisitos y controles, que generan costos importantes y que pueden alentar al uso de manera ilegal

En materia de ecoturismo la normatividad ha propiciado la creación de certificados de sostenibilidad turística, que se convierten en incentivos para esta industria. Para el caso del turismo rural comunitario, se podría considerar la posibilidad de crear una marca o sello que en el marco de un PNB, resalte los principios y criterios del Biocomercio, como una forma de diferenciar la actividad de otras incluidas en la oferta turística del país.

En lo que respecta a comercio en general, es clara la política nacional en la promoción de la inversión tendente a consolidar actividades productivas que hoy son exitosas y hacia la promoción de otras nuevas y con potencial. Sobretudo se está apuntando, a través de la Ley de PYMES, a la incorporación de la pequeña y mediana empresa, como motor estratégico en el desarrollo de la economía nacional. Asimismo se está promoviendo la imagen "Bio" como la estrategia de atracción de inversión. En este sentido Biocomercio está línea con la imagen que se quiere proyectar, con el impulso a la PYME y con el desarrollo o mejora de "bioproductos", "productos

verdes" o simplemente productos innovadores a partir del uso sostenible de la principal riqueza con que cuenta el país, la biodiversidad.

A pesar de que en materia comercial se han hecho importantes avances respecto a la desregulación y simplificación de trámites, aún se considera que existen muchos trámites y una capacidad de respuesta muy lenta.

En general el marco legal y político es propicio para el desarrollo de un PNB, pero requiere de ajustes importantes de modo que se garantice la conservación adecuada de los recursos de la biodiversidad y a la vez se promueva un uso adecuado bajo principios de equidad y sostenibilidad ambiental, social y económica. Además es necesario que el PNB sea acogido como parte de la política y la estrategia nacional de desarrollo.

En cuanto a la estructura organizacional para la puesta en marcha del PNB (ver figura 1), los resultados del trabajo de construcción por parte de actores relevantes, dieron como resultado la creación de una Oficina del PNB anclada en la Promotora Comercio Exterior (PROCOMER), conformada por un representante del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y un representante de PROCOMER, quienes tendrán la tarea de poner a punto las primeras cadenas de valor seleccionadas, a través del cumplimiento de los planes de acción establecidos y de seleccionar y apoyar nuevas cadenas

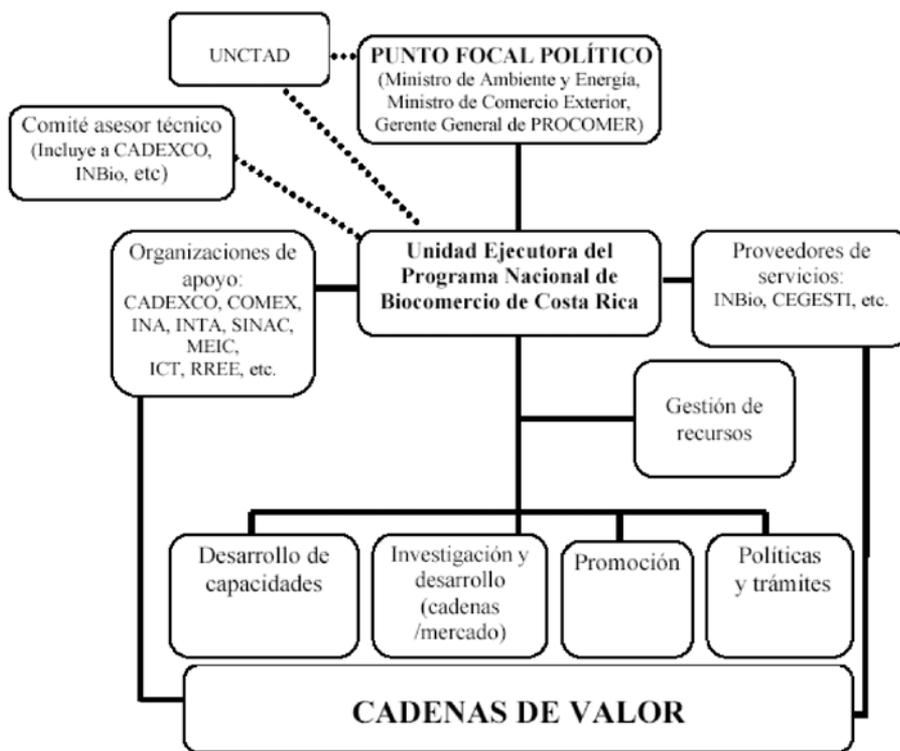


Figura 1. Estructura propuesta para la puesta en marcha del PNB en Costa Rica.

Fuente: proyecto "Fase inicial para la puesta en marcha de un Programa Nacional de Biocomercio en Costa Rica", INBio

de valor. Para esto centrarán sus actividades en 5 componentes: 1- Gestión de Recursos para el funcionamiento de la Oficina y para el apoyo a las cadenas de valor, 2- Desarrollo de Capacidades a través de iniciativas ya existentes tanto en el sector público como privado, 3- Investigación y Desarrollo (estudios de mercados y análisis de cadenas de valor), 4- Promoción del Programa y, 5- Políticas y Trámites (análisis y ajuste según necesidades). La Oficina del PNB contará con el respaldo político de los Ministerios de Comercio Exterior y de Ambiente y Energía, así como con el apoyo técnico de la UNCTAD/Biotrade Initiative y de un Comité Asesor, del cual podrían formar parte entidades especializadas en la materia como el INBio. También a efecto de atender necesidades puntuales de las cadenas de valor en materia de gestión empresarial o técnico-científicas la oficina del PNB podrá recurrir a la contratación de servicios especializados, en la medida en que son requeridos y se cuente con los recursos financieros para ser atendidos.

## CONCLUSIÓN

Tomando en cuenta las condiciones coyunturales que presenta el país, tanto en lo legal, lo político como en lo económico, un Programa Nacional de Biocomercio podría ser considerado como una valiosa herramienta dentro de la estrategia de desarrollo del país, en el tanto que, fortalece la imagen "Bio", promueve la participación de las PYMES y genera oportunidades de trabajo en áreas rurales y aledañas a las áreas de conservación.

De la misma forma el Biocomercio plantea el desafío de usar productiva y sosteniblemente la biodiversidad del país, sin que con ello se menoscaben los esfuerzos de conservación que viene haciendo el país.

## NOTAS

- a Ingeniera Agrónoma, Master en Gerencia del Comercio Internacional. Gerente de la Unidad de Bioprospección del el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) y Coordinadora del Proyecto "Fase inicial para la implementación de un Programa Nacional de Biocomercio en Costa Rica", ejecutado por INBio de abril de 2005 a marzo de 2006.
- b "Lineamientos metodológicos para el apoyo a cadenas de valor de productos del Biocomercio." Biotrade Facilitation Programme. UNCTAD/ITC, Mayo 2005.
- c "Lineamientos metodológicos para el apoyo a cadenas de valor de productos del Biocomercio." Biotrade Facilitation Programme. UNCTAD/ITC, Mayo 2005.
- d Información completa sobre el proyecto Biocomercio-INBio en el sitio [http://www.inbio.ac.cr/es/inbio/inb\\_biocomercio\\_index.htm](http://www.inbio.ac.cr/es/inbio/inb_biocomercio_index.htm)
- e A lo largo de todo el proceso participaron en talleres y reuniones más de 200 personas de entidades gubernamentales como el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), el Sistema Nacional de Areas de Conservación (SINAC), el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC), Comercio Exterior (COMEX), la Promotora de Comercio Exterior (PROCOMER), el Ministerio de Relaciones Exteriores (RREE), el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), entre otros. Además organizaciones de la sociedad civil, del sector productivo e industrial, principalmente de aquellos pertenecientes a las cadenas de valor priorizadas.
- f "Lineamientos metodológicos para el apoyo a cadenas de valor de productos del Biocomercio." Biotrade Facilitation Programme. UNCTAD/ITC, Mayo 2005.
- g BTFP. Biotrade Facilitation Programme. *Technical Up date*. Octubre 2005
- h PROCOMER. Costa Rica. Estadísticas de Exportación 2005. [www.procomer.com](http://www.procomer.com)

# CONTROL BIOLÓGICO DE CERCÓPIDOS PLAGAS DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN CENTROAMÉRICA

Francisco Badilla Fernández  
Bioasesoría Internacional S. A. (BISA).  
Apdo Postal 737-4005 Belén Heredia, Costa Rica  
E- Mail: franbad@racsa.co.cr

## RESUMEN

Se presentan los principales trabajos realizados en el control biológico de cercópidos (*Aeneolamia* spp y *Prosa-pia simulans*) en diferentes ingenios de Centroamérica. Se presentan los resultados obtenidos en la determinación de la dosis letal cincuenta y noventa ( $DL_{50}$  y  $DL_{90}$ ) para el hongo *Metarhizium anisopliae* en la fase adulta de esta plaga, así como resultados de patogenicidad y virulencia de este entomopatógeno en adultos de *Aeneolamia postica*. Se discuten los resultados de selección de aislamientos y un protocolo para el mejoramiento genético de cepas. También se presentan los resultados para la selección de hongos entomopatógenos para el control de huevos de *A.varia* y su aplicación en campo. Con base a los resultados obtenidos se concluye que la estrategia más sostenible para el control biológico de esta plaga en Centroamérica es el uso del hongo entomopatógeno *M. anisopliae* en forma temprana dirigido a la fase de huevo y posteriormente a la fase de adulto en una dosis mínima de  $1 \times 10^{13}$  conidios/ha.

## INTRODUCCIÓN

La plaga comúnmente conocida en Centroamérica como "chinche salivosa" "salivita" "salivazo" o "candelilla" (Homóptera:Cercopidae) se han constituído en plagas de importancia primaria en el cultivo de la caña de azúcar debido al incremento de área de este cultivo, lo cual provoca el desbalance ecológico, ya que áreas dedicadas a pastos principalmente adonde este insecto se mantenía en equilibrio han pasado a ser sembradas con caña de azúcar. El poco conocimiento sobre la bioecología de la plaga, también ha provocado la utilización de insecticidas de amplio espectro lo cual elimina sus principales predadores (arañas de la familia Salticidae, chinches de la familia Reduvidae, nemátodos y principalmente la mosca de la familia Syrphidae *Salpingogaster nigra*).

Los adultos se alimentan de las láminas foliares de la caña provocando una fitotoxemia, a causa de la inoculación de enzimas aminolíticas y oxidantes. Este estado patológico se manifiesta después de pocos días, con la aparición de manchas lineares cloróticas,

las cuales paulatinamente se tornan amarillas y luego necróticas. Esto provoca la disminución de la capacidad fotosintética, y por ende disminución en el rendimiento de campo y el proceso formativo de la sacarosa en el tallo se disminuye, causando pérdidas cuantiosas. (Badilla et al 1991).

Para el control de esta plaga, se han utilizado diferentes estrategias de control como: prácticas culturales, trampas adhesivas, control biológico y control químico (De Bach, 1.968, Guagliumi, 1.968, Roberts y Yendol 1.971, Alves, 1.986, Ferron, 1978, Allard et al, 1990, Badilla et al, 1.996, Salazar y Badilla, 1997, Badilla, 2000, Badilla y Arias, 2000, Badilla 2002). El hongo *M. anisopliae* se ha utilizado con éxito para el control de esta plaga en países como Costa Rica, Nicaragua, Venezuela, Panamá (Badilla et al 1.991) así como en la especie *Manharva posticata* en Brasil (Wraight y Roberts, 1.987).

Se describen los principales trabajos de investigación realizados en diferentes ingenios de Centroamérica en el empleo de hongos entomopatógenos para el control de cercópidos.

## 1. SELECCIÓN DE AISLAMIENTOS

**EXPERIMENTO 1.** Se evaluó la patogenicidad de tres aislamientos de *M. anisopliae*, para el control de *Ae. neolamia postica*. El ensayo se instaló en los laboratorios de control Biológico del Ingenio La Unión, Guatemala. Las condiciones que prevalecieron durante el desarrollo del mismo fueron rangos de temperatura entre 24-26°C, humedad relativa entre 90-95% y fotofase de 12 horas. Las unidades experimentales fueron macetas de plástico recubiertas con tul, sobre una estructura metálica con una capacidad de 0.02 m<sup>3</sup> de suelo los cuales contenían brotes de caña de azúcar variedad CP72-2086, con 50 adultos de la "chinche salivosa" por maceta. Los tratamientos evaluados fueron: DIECA0391, PL43, COBICAN y un testigo al que se aplicó únicamente agua, en un diseño irrestricto al azar con 6 repeticiones. La dosis empleada fue de 3 x 10<sup>8</sup> conidios/maceta (1,5 x 10<sup>8</sup> conidios/ml).

Esta fue aplicada por medio de un aerógrafo conectado a un compresor a 30 lb de presión/p<sup>2</sup>. Los muestreos se hicieron durante 10 días para lo cual se colectaron los insectos muertos y se colocaron en una cámara húmeda para comprobar que la muerte efectivamente era causada por *M. anisopliae*. Para establecer la diferencia entre aislamientos, la variable respuesta fue el porcentaje de mortalidad acumulado dado por la fórmula:

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{\text{No insectos esporulados}}{\text{No. Total de insectos} - (F_c)} \times 100$$

Donde: F<sub>c</sub> = Insectos muertos durante los primeros dos días.

Además se corrieron análisis de varianza con su consecuente análisis múltiple de media (TUKEY, 0.01). Finalmente para determinar la virulencia entre tratamientos, se graficaron curvas acumuladas del porcentaje de mortalidad en función del tiempo.

**EXPERIMENTO 2.** En este experimento se evaluó la patogenicidad de los aislamientos DIECA0391, PL43, COBICAN, VALDEZ y una cepa nativa de una de las unidades productivas del Ingenio La Unión a la cual se le denominó TEHUANTEPEC, también se incluyó un testigo absoluto al cual se le aplicó agua. Este experimento se instaló en la Finca Tehuantepec, y las unidades experimentales fueron macetas de plástico recubiertas con tul sobre una estructura de hierro, con una capacidad de 0.02 m<sup>3</sup>, los cuales contenían plantillas de caña de azúcar variedad BT65-152 sembrada a 1,5 m entre surcos, con 50 adultos de *A. albofasciata*/maceta. La dosis empleada fue de 3 x 10<sup>8</sup> conidios/maceta (1 x 10<sup>8</sup> conidios/ml) aplicado con

un aerógrafo conectado a un compresor a 30 libras de presión/P<sup>2</sup>. La metodología para la recolección de insectos y análisis de información fue igual que el experimento uno.

**EXPERIMENTO 3.** En este experimento se evaluó el efecto de diferentes combinaciones de cepas de *M. anisopliae* sobre larvas de *Diatraea saccharalis*. La temperatura estuvo entre 24-26°C. Se utilizó un diseño irrestricto al azar con cinco repeticiones y se colocaron 18 larvas de tercer instar de *D. saccharalis* por repetición. Los tratamientos fueron PL43, DIECA0391, COBICAN, DIECA x PL43, DIECA x COBICAN, PL43 x COBICAN y un testigo al cual únicamente se le aplicó agua. Los tratamientos DIECA x PL43, DIECA x COBICAN y PL43 x COBICAN, se mezclaron previo al ensayo en cantidades iguales de conidios puros y fueron inoculados a larvas de tercer instar de *D. saccharalis*, posteriormente fueron aislados de larvas esporuladas en medio de cultivo PDA + Haba (39g de PDA y 75g de Haba).

La dosis utilizada para la inoculación de larvas fue de 1 x 10<sup>8</sup> conidios/ml. Se les dio un baño en lotes de cinco larvas por espacio de 30 seg utilizando un aerógrafo como el descrito en el experimento 1. Seguidamente se colocaron en cajas plásticas de 6 cm de diámetro por 12 horas, tiempo después del cual se les colocó un pedazo de dieta artificial. Se realizaron observaciones diarias de mortalidad así como la confirmación de la mortalidad. Las observaciones se hicieron durante 30 días y se calculó el % de mortalidad de larvas dado por la fórmula:

$$\text{Porcentaje de mortalidad} = \frac{\text{No larvas muertas por el hongo}}{\text{No. total de larvas}} \times 100$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**EXPERIMENTO 1.** Patogenicidad de diferentes aislamientos de *M. anisopliae* en condiciones de laboratorio. Los datos de mortalidad de adultos de la *A. postica* para los diferentes aislamientos se encuentran en el Cuadro 1.

Analizando las mortalidades (Cuadro 1), se observó como el aislamiento DIECA0391 presentó la mayor mortalidad (41,6%) seguido por el PL43 y el COBICAN respectivamente. En relación a la virulencia (Figura 1), se observa a los 6 días, como el aislamiento PL43 es el más rápido de los tres aislamientos, presentando una mortalidad acumulada de 32%, respecto a un 24% del DIECA0391 y un 14% del COBICAN. A los 8 días la mortalidad del DIECA0391 fue igual a la del PL43, siendo ambos aislamientos superiores al COBICAN. La virulencia de un determinado aislamiento es una de las características

CUADRO 1

Porcentaje de mortalidad acumulada de adultos de *A. postica* causada por aislamientos de *M. anisopliae*, después de 13 días. Laboratorio de Patología de Insectos, Ingenio La Unión, Guatemala.

AISLAMIENTOS	MORTALIDAD (%)	
	MEDIAS TRANSFORMADAS	MEDIAS ORIGINALES
DIECA0391	40,0 A	41,6
PL43	38,5 AB	38,8
COBICAN	32,7 B	29,8
TESTIGO	11,7 C	4,1

F= 28,60, CV = 19,5%

Datos transformados en arco seno. Medias seguidas de una misma letra, en una misma columna, no difieren entre sí, según prueba de Tukey al 1% de probabilidad.

importantes de tomar en cuenta a la hora de seleccionar un aislamiento para un programa de control microbio-no. Badilla y Alves (1991), también encontraron diferencias significativas de virulencia entre aislamientos en el control del picudo de la caña de azúcar *Sphenophorus levis* con el hongo. *Beauveria bassiana*.

**EXPERIMENTO 2.** Patogenicidad y virulencia de diferentes aislamientos de *M. anisopliae* en condiciones de campo.

En el Cuadro 2, se presenta la mortalidad media obtenida con lo diferentes aislamientos. Se observa como no hubo diferencia significativa entre los aislamientos, pero si respecto al testigo, el cual presentó un porcentaje de mortalidad de 11,2%, esto posiblemente porque el experimento se llevó a cabo en el mes de Septiembre de 1.994, en el cual muchos de los insectos estaban parasitados en forma natural.

En relación a la virulencia, en la Figura 2, se presenta la distribución de la mortalidad acumulada durante

CUADRO 2

Porcentaje de mortalidad acumulada de adultos de *A. postica* causada por aislamientos de *M. anisopliae*, después de 13 días. Laboratorio de Patología de Insectos, Ingenio La Unión, Guatemala.

AISLAMIENTOS	MORTALIDAD (%)	
	MEDIAS TRANSFORMADAS	MEDIAS ORIGINALES
PL43	38,1 A	38,3
COBICAN	38,1 A	38,3
TEHU	35,9 A	35,2
DIECA-0391	31,6 A	27,5
VALDEZ	31,2 A	27,3
TESTIGO	17,3 B	11,2

F= 4,60 \*\*, CV = 25,4%

Datos transformados en arco seno  $\sqrt{x}$ . Medias seguidas de una misma letra, en una misma columna, no difieren entre sí, según prueba de Tukey al 1% de probabilidad.

13 días. Se puede observar como a los 9 días los aislamientos TEHUANTEPEC, PL43 y COBICAN presentan las mayores mortalidades, mientras que el DIECA0391 y el VALDEZ, tuvieron mortalidades menores. Comparando los resultados de patogenicidad y virulencia los aislamientos PL43 y COBICAN se mostraron como los más promisorios para el control de adultos, en condiciones de campo.

**EXPERIMENTO 3.** Patogenicidad de diferentes mezclas de aislamientos de *M. anisopliae* en larvas de *D. saccharalis*. Laboratorio de Patología de insectos, Ingenio La Unión, Guatemala.

El el cuadro 4, se presenta el resumen del análisis de separación de medias para las diferentes combinaciones de aislamientos.

De acuerdo a los resultados aquí expuestos las combinaciones de aislamientos PL-43 x COBICAN y PL-43 x

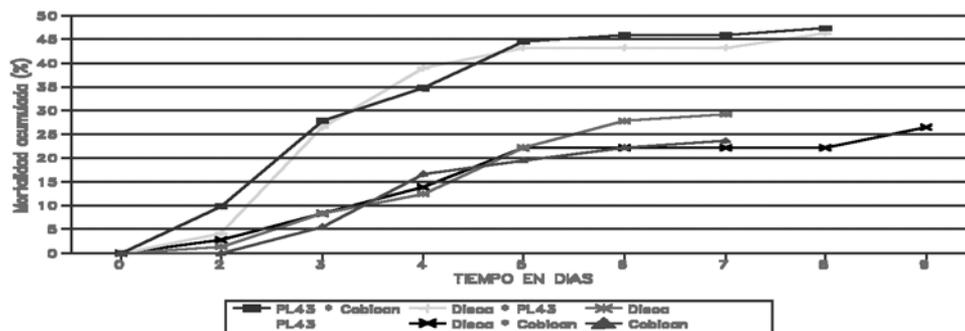


Figura 3. Porcentaje de mortalidad acumulada de larvas de *Diatraea saccharalis* con diferentes aislamientos de *Metarhizium anisopliae* bajo condiciones de Laboratorio, Ingenio La Unión, Guatemala

CUADRO 4

Porcentaje de mortalidad acumulada de larvas de *D. saccharalis*, con diferentes aislamientos de hongo *M. anisopliae* y combinaciones de estos en condición de laboratorio. Laboratorio de Patología de insectos, Ingenio La Unión, Guatemala.

AISLAMIENTOS	MORTALIDAD (%)	
	MEDIAS TRANSFORMADAS	MEDIAS ORIGINALES
PL43 x COBICAN	43,3 A	47,2
PL43 x DIECA03-91	42,8 A	46,2
DIECA-0391	33,5 AB	31,8
PL43	31,5 B	27,8
DIECA x COBICAN	30,4 B	26,4
COBICAN	28,8 B	23,3
TESTIGO	0 C	0

$F = 16,62^{**}$ ,  $CV = 25,694\%$

Datos transformados en arco seno  $\sqrt{x}$ . Medias seguidas de una misma letra, en una misma columna, no difieren entre sí, según prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

DIECA fueron los mejores, y superaron al aislamiento PL-43 y COBICAN en forma independiente, lo cual se nota claramente en la Figura 3 en la que se puede apreciar un incremento significativo en la virulencia.

## CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos se concluye:

1. Los diferentes aislamientos de *M. anisopliae*, evaluados en este trabajo, son patogénicos para adultos de *A. postica* y, sin embargo, presentan diferentes grados de virulencia, así como en la producción de conidios en medio de cultivo.
2. Los aislamientos DIECA0391, COBICAN y PL-43 son promisorios para el control de esta plaga a nivel de campo.
3. La mezcla de aislamientos es una posibilidad viable para aumentar la patogenicidad y la virulencia del *M. anisopliae*.

## 2. DETERMINACIÓN DE DOSIS LETALES

El trabajo fue desarrollado en el laboratorio de hongos entomopatógenos del Ingenio La Unión, en Santa Lucía-Cotzumalguapa, Guatemala. Fueron utilizados adultos de *A. postica*, recolectados de diferentes lotes

cultivados de caña de azúcar del ingenio. El origen de los aislamientos de los hongos entomopatógenos utilizados y de las especies hospedantes se presentan en el Cuadro 1.

Se evaluó la patogenicidad de las cepas DIECA-0391 y PL43 de *M. anisopliae* y cinco dosis ( $2 \times 10^{13}$ ,  $1 \times 10^{13}$ ,  $5 \times 10^{12}$ ,  $2,5 \times 10^{12}$  y  $1.25 \times 10^{12}$  conidios por hectárea). Los hongos fueron reproducido en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) (39g/l de agua enriquecido con 10 g de extracto de levadura). Se prepararon con el auxilio de hematocímetro cinco concentraciones ( $1 \times 10^9$ ,  $5 \times 10^8$ ,  $2.5 \times 10^8$ ,  $1.25 \times 10^8$  y  $6.25 \times 10^7$  conidios/ml). El testigo consistió en agua desionizada, destilada y autoclavada y Twen (5 gotas/l). Se aplicaron 2 ml de cada una de las dosis con un aerógrafo adaptado a un compresor con una presión de 30 libras/p2, sobre 25 insectos que estaban alimentándose en cañas plantadas en macetas (5 tallos/maceta) de 1,20 m de altura y 40 cm de diámetro las que fueron protegidas por una jaula metálica con tul. Se aplicó un equivalente de 20 litros/ha. Los insectos muertos en las jaulas fueron recolectados diariamente, y llevados al laboratorio, a donde se lavaron por tres minutos en alcohol al 70%, agua destilada, hipoclorito de sodio al 2,5% y agua destilada. Seguidamente se colocaron en cajas de poliestireno, con papel ligeramente húmedo, las cuales llevaron a una cámara bioclimática a temperatura controlada a  $26^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$  y fotofase de 14:10 horas (luz: oscuridad). Se realizó una revisión diaria con un estereoscopio óptico (Leica- GZ7) durante 30 días para determinar la mortalidad de los adultos, anotando la fecha adonde estos empezaban a formar micelio y conidios (mortalidad confirmada). A partir de ahí se confeccionaron tablas de mortalidad acumulada para la determinación de la  $DL_{50}$  y la  $DL_{90}$  por el método de probit (Sokal, 1958). Se utilizó un diseño completamente al azar (6 tratamientos x 4 repeticiones) en arreglo factorial ( $5 \times 2$ ). Se realizó la determinación de ANDEVA y separación de medias por medio de la prueba Tukey al 5 % de probabilidad empleando el programa SAS.

CUADRO 1

Relación de las cepas de *M. anisopliae* y *P. lilacinus*. Procedencia, especies y hospedantes originales.

AISLAMIENTO Nº	ESPECIE	PROCEDENCIA DE LOS HONGOS	HOSPEDANTE ORIGINAL
DIECA- 0391	<i>M. anisopliae</i>	DIECA Costa Rica	<i>Aeneolamia postica</i> (Hom.Cercopidae)
PL-43	<i>M. anisopliae</i>	ESALQ-USP Brasil	<i>Mahanarva posticita</i> (Hom.Cercopidae)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Determinación de las mortalidades con deferentes dosis

Se encontró diferencia estadística entre las dosis ( $P < 0,05$ ), no así entre los aislamientos, ni entre la interacción aislamientos por dosis. La dosis de  $2.0 \times 10^{13}$  fue diferente significativamente a la dosis de  $1,25 \times 10^{12}$  en el aislamiento DIECA 03-91 siendo que las restantes dosis no se presentaron diferencias, pero sí entre estas y el testigo. Para la dosis PL-43 hubo diferencia significativa entre las dosis de  $2 \times 10^{13}$  y  $1 \times 10^{13}$  con la dosis  $1,25 \times 10^{12}$  (Cuadro 1).

CUADRO 2  
Porcentajes de mortalidad acumulada y confirmada para los aislamientos DIECA- 0391 y PL-43.

DOSIS/HA	DIECA- 0391	PL43
2x1013	55,88 a	53,5 a
1x1013	47,60 ab	53,6 a
5x1012	47,25 ab	35,6 ab
2.5x1012	29,00 ab	37,2 ab
1.25x1012	26,20 b	34,3 b
TESTIGO	11,70 c	10,4 c

Valores seguidos de la misma columna no son diferentes estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

Se determinó una correlación positiva ( $r = 0,82^{**}$ , y  $0,78^{**}$ ) para los aislamientos PL 43 y DIECA-0391 entre las dosis y el porcentaje de mortalidad, siendo en ambos casos el modelo exponencial fue el que se ajustó mejor a

los resultados (Figuras 1 y 2). Con relación a la virulencia, se encontró en ambos aislamientos que las dosis más altas mataron más rápido la población de adultos. Estos resultados coinciden con los encontrados por Badilla y Alves (1991), para el picudo de la caña de azúcar *Sphenophorus levis* en Sao Paulo- Brasil.

Se puede apreciar que a medida que se aumenta la dosis, también se incrementa el porcentaje de mortalidad. Este hecho obedece a la mayor presión de inóculo sobre el integumento del insecto, lo cual permite romper las defensas del insecto.

El comportamiento de mortalidad acumulado obtenido para el aislamiento PL-43 fue muy parecido al obtenido con el aislamiento DIECA-0391 (Figura 1), lo cual ratifica la tendencia de los hongos entomopatógenos de aumentar las mortalidades en función de las dosis aplicadas. Esto es de importancia básica para el control microbiano de insectos, ya que el conocimiento de la curva de mortalidad permite tener una mejor idea de la dosis a ser empleada. Esto permite además tener un mejor conocimiento de las dosis letales y no solamente orientar los programas con base a análisis estadísticos rígidos. Es por tanto fundamental conocer la patogenicidad y la virulencia de los aislamientos que se pretenden emplear a nivel de campo.

### 2. Determinación de las dosis letales de *M. anisopliae* en *A. varia*

La  $DL_{50}$  fue inferior para el aislamiento PL43, al igual que los restantes tiempos letales, lo cual muestra que este aislamiento es más virulento que el DIECA-0391. (Cuadro 2). Se puede observar en este cuadro claramente la tendencia creciente de conidios/ha que se requieren para controlar la plaga, lo cual permite diseñar una estrategia de control en función de los rendimientos de

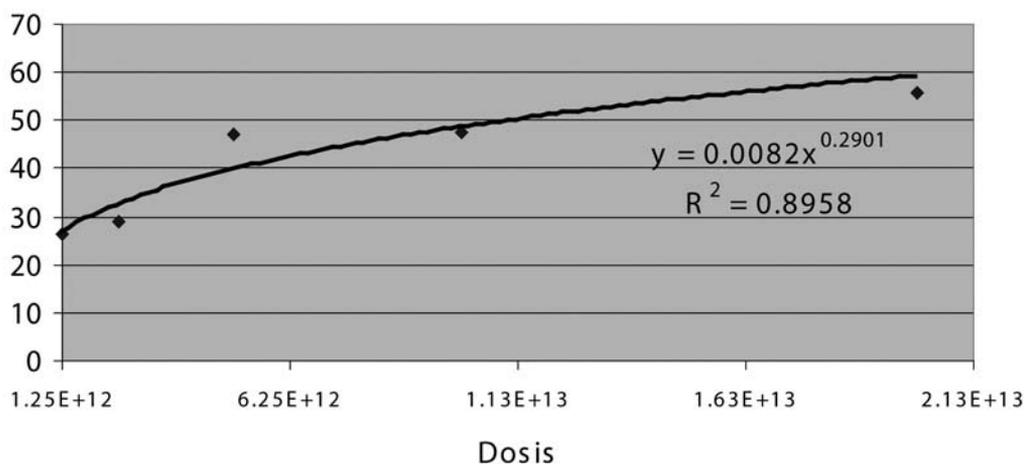


Figura 1. Diagrama de dispersión del porcentaje de mortalidad de adultos de *A. postica* con diferentes concentraciones del aislamiento DIECA-0391. Laboratorio de hongos entomopatógenos.

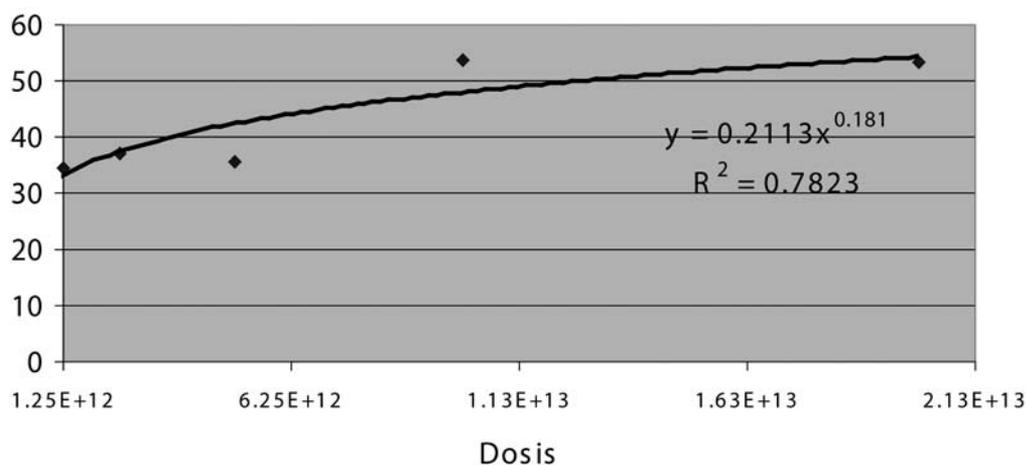


Figura 2. Diagrama de dispersión del porcentaje de mortalidad de adultos de *A. postica* con diferentes concentraciones del aislamiento PL-43. Laboratorio de hongos entomopatógenos.

conidios/g de la formulación que se piense emplear. Esto además permitirá hacer un análisis económico sobre el costo/ aplicación y tener una idea más clara de la eficiencia que se esperaría a nivel de campo.

#### CUADRO 3

Determinación de la DL<sub>50</sub> a DL<sub>90</sub> para los aislamientos DIECA-0391 y PL-43 en jaulas.

Dosis letal (conidios/ha)	AISLAMIENTO	
	DIECA-0391	PL43
DL <sub>50</sub>	1.27x10 <sup>13</sup>	1,23x10 <sup>13</sup>
DL <sub>60</sub>	5.63x 10 <sup>13</sup>	4,26x10 <sup>13</sup>
DL <sub>70</sub>	2.80x 10 <sup>14</sup>	1,63x10 <sup>14</sup>
DL <sub>80</sub>	1,87x10 <sup>15</sup>	7,95x10 <sup>14</sup>
DL <sub>90</sub>	2.57x10 <sup>16</sup>	7.04x10 <sup>15</sup>

Estos resultados son la primera vez que se publican, ya que no se conocía las dosis letales para el control de la *Aneolamia postica* empleando el hongo *M. anisopliae* en el cultivo de la caña de azúcar. Las referencias bibliográficas mencionan dosis de 2,5 a 5x10<sup>12</sup> conidios/ha pero sin un estudio detallado para esta especie. Usualmente se han empleado la dosis de 5x10<sup>12</sup> conidios/ha recomendado por Alves (1996) para la especie *Manarva posticita* en el Brasil, la cual coloca las ninfas en el tallo; esto la hace más susceptible a diferencia de la especie *A. varia* la cual es más susceptible al *M. anisopliae* en la fase adulta. Con base a estos resultados se han reorientado las estrategias de control para esta plaga en Guatemala y

otros países, en los cuales se utilizan dosis de 5 x10<sup>13</sup> conidios/ha, tendientes a obtener un inóculo primario alto de la plaga, con el objetivo de inducir epizootias tempranas y por ende hacer un programa de manejo integrado sostenible sin el empleo de insecticidas químicos.

## CONCLUSIONES

1. Los aislamientos DIECA 03-91 y PL-43 fueron patógenos para los adultos de *A. postica*, con las diferentes dosis empleadas, siendo que a medida que aumentaron estas se incrementaron los porcentajes de mortalidad.
2. La cepa cepa PL43 es más virulenta que la cepa DIECA03-91 bajo las condiciones de este estudio.
3. La dosis mínima para el control de la fase de adulto de esta plaga para obtener el 50% de mortalidad debe ser de 1,2 x 10<sup>13</sup> conidios/ha.
4. PATOGENICIDAD Y VIRULENCIA DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS *Metarhizium. anisopliae* Y *Pae-cilomyces lilacinus* EN HUEVOS DE *Aeneolamia varia*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue desarrollado en el laboratorio de hongos entomopatógenos del Ingenio San Antonio, en Chinandega-Nicaragua. Fueron utilizados huevos de la plaga *A. varia*, recolectados de diferentes lotes cultivados de caña del ingenio inmediatamente después de cortada la caña, según la metodología propuesta por (Badilla,

1998). El origen de los aislamientos de los hongos entomopatógenos utilizados en los tres experimentos y de las especies hospedantes se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1  
Relación de las cepas de *M. anisopliae* y *P. lilacinus*. Procedencia, especies y hospedantes originales.

AISLAMIENTO Nº	ESPECIE	PROCEDECENCIA DE LOS HONGOS	HOSPEDANTE ORIGINAL
BISA- 012000	<i>M. anisopliae</i>	Bioasesoría Internacional	<i>Aeneolamia postica</i> (Hom.Cercopidae)
MR-012002	<i>M. anisopliae</i>	Ingenio Monte Rosa- Nicaragua	<i>Aeneolamia varia</i> (Hom.Cercopidae)
PL-3481	<i>P. lilacinus</i>	Cenargen/Brasilia Brasil	<i>Deois flavopicta</i> (Hom.Cercopidae)

**Experimento 1.** Evaluación de cinco dosis de *M. anisopliae* para el control de huevos en *A. varia*.

Se evaluó la patogenicidad del hongo *M. anisopliae* el cual fue reproducido en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) (39g/l de agua enriquecido con 10 g de extracto de levadura). Se prepararon con el auxilio de hematocímetro cinco concentraciones ( $1.25 \times 10^7$ ,  $2.5 \times 10^7$ ,  $5 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  y  $2 \times 10^8$  conidios/ ml). El testigo consistió en agua desionizada, destilada y autoclavada y Twen (5 gotas/l). Cada tratamiento estaba constituido por 48 huevos (4 repeticiones y 12 huevos/repeticion) para un total de 288 huevos. Los huevos por tratamiento fueron colocados en placas petri para ser inoculados con sus correspondientes dosis con un asperjador manual (2 ml). Los huevos se mantuvieron en las cajas petri por 10 minutos; seguidamente se individualizaron en cajas de polietileno cristal de 6 divisiones (2,5 cm de diámetro y 2cm de profundidad) a las cuales se les colocó algodón humedecido y papel filtro. Se llevaron a una cámara bioclimática a temperatura controlada a  $26^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$  y fotofase de 14:10 horas (luz: oscuridad). Se realizó una revisión diaria con un estereoscopio óptico (Leica- GZ7) durante 30 días para determinar la mortalidad de los huevos, anotando la fecha adonde estos empezaban a formar micelio y conidios (mortalidad confirmada). A partir de ahí se confeccionaron tablas de mortalidad acumulada para la determinación de la  $DL_{50}$  y la  $DL_{90}$  por el método de probit. Se utilizó un diseño completamente al azar (6 tratamientos x 4 repeticiones). Se realizó la determinación de ANDEVA y separación de medias por medio de la prueba DMS al 5 % de probabilidad a través del programa SAS.

**Experimento 2.** Evaluación de cinco dosis de *P. lilacinus* para el control de huevos en *A. varia*.

Se evaluó la patogenicidad del hongo *P. lilacinus* el cual fue reproducido en medio de cultivo PDA (39g/l de agua enriquecido con 10 g de extracto de levadura). Se prepararon con el auxilio de hematocímetro cinco concentraciones ( $1.25 \times 10^7$ ,  $2.5 \times 10^7$ ,  $5 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  y  $2 \times 10^8$  conidios/ ml). El testigo consistió en agua desionizada, destilada y autoclavada más Twen (6 gotas/l). Cada tratamiento consistió en 4 repeticiones (12 huevos/repeticion) para un total de 48 huevos por tratamiento. Los huevos por cada tratamiento fueron colocados en placas petri, y se inocularon con sus correspondientes dosis con un asperjador manual (2ml). Los huevos se mantuvieron en las caja petri por 10 minutos; seguidamente se individualizaron en cajas de polietileno cristal de 6 divisiones (3,5 cm. de diámetro y 2 cm. de profundidad) a las cuales se les colocó algodón humedecido y papel filtro. Se llevaron a una cámara bioclimática a temperatura controlada de  $26^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$  y fotofase de 14:10 horas (luz: oscuridad). Se realizó una revisión diaria con un estereoscopio óptico (Leica- GZ7) durante 30 días para determinar la mortalidad de los huevos, anotando la fecha adonde estos empezaban a formar micelio y conidio (mortalidad confirmada). A partir de ahí se confeccionaron tablas de mortalidad acumulada para determinación de la  $DL_{50}$  y la  $DL_{90}$  por el método de probit. Se utilizó un diseño completamente al azar (6 tratamientos x 4 repeticiones). Se realizó la determinación de ANDEVA y separación de medias por medio de la prueba DMS al 5 % de probabilidad a través del programa SAS

**Experimento 3.** Evaluación de diferentes cepas de dos hongos entomopatógenos en huevos en *A. varia*.

Se evaluaron tres tratamientos más un testigo para determinar la patogenicidad de dos cepas de *M. anisopliae* (BISA-012000 y MR-01-2002) y el aislamiento PL-3481 de *P. lilacinus* a una concentración de  $5 \times 10^7$  conidios/ml. El testigo fue asperjado con agua desionizada, destilada y autoclavada. Cada tratamiento estaba conformado de 6 repeticiones (12 huevos por repeticion) para un total de 72 huevos por tratamiento. Los huevos de cada tratamiento fueron colocados en placas petri para ser inoculados con sus correspondientes dosis con un asperjador manual (2 ml). Después de 10 minutos de inoculados se colocaron en grupos de dos en placas Elisa de polipropileno, semejantes a las descritas en el experimento 2. El manejo de las posturas fue igual al descrito en el experimento 2. Se realizó una revisión diaria, para confirmar la mortalidad hasta los 30 días después de inoculados, similar al descrito en el los experimentos 1 y 2. Se empleó un diseño completamente al azar (4 tratamientos x 6 repeticiones). Se cuantificó el ANDEVA y separación de medias por medio de la prueba DMS al 5 % de probabilidad a través del programa SAS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Experimento 1. Evaluación de cinco dosis de *M. anisopliae* aislamiento BISA-012000 para el control de huevos de la salivita *A. varia*.

Los resultados de la mortalidad confirmada, presentaron diferencias significativas entre las diferentes dosis y el testigo ( $p < 0,01$ ;  $F = 23,18^{**}$ ). No se encontraron diferencias significativas entre las dosis de  $2,5 \times 10^7$  y  $2 \times 10^8$ , ni tampoco entre las dosis de  $2,5 \times 10^7$  y  $1,25 \times 10^7$  conidios/ml (Cuadro 1). Las curvas de mortalidad acumuladas permiten observar que hay diferentes niveles de virulencia entre las dosis, la cual se acentúa más en las dosis más altas (Figura 1). Se encontró una correlación positiva ( $r = 0,77^{**}$ ) entre las dosis y la mortalidad. El modelo que mejor explicó este comportamiento fue el tipo potencial:  $R^2 = 0,8189^{**}$  (Figura 2). La  $DL_{50}$  calculada fue de  $1,72 \times 10^6$  y la  $DL_{90}$  de  $4 \times 10^7$  conidios/ml. Estos resultados son muy interesantes porque demuestran la patogenicidad y virulencia de esta raza aún en concentraciones bajas, lo cual posibilitará la implementación del control de huevos a nivel de campo. Estos resultados difieren de los obtenidos por Arango et al (1994), los cuales no encontraron patogenicidad en huevos de *A. varia*, en tres cepas estudiada pero si en ninfas; debido posiblemente a la diferencia en patogenicidad existente entre diferentes aislamientos de un hongo entomopatógeno, en una especie determinada, como lo mencionan Badilla y Alves, 1991.

CUADRO 2

Mortalidad acumulada de los huevos de *A. varia* a los 24 días de inoculación con *M. anisopliae*. Temperatura  $26^\circ C \pm 0,5^\circ$ , fotofase 14 horas. Laboratorio de hongos entomopatógenos. Ingenio San Antonio. Nov, 2003.

Tratamientos (conidios/ml)	% MORTALIDAD
$2.0 \times 10^8$	97,9 a
$1.0 \times 10^8$	93,7 a
$5.0 \times 10^7$	89,6 a
$2.5 \times 10^7$	87,5 ab
$1.25 \times 10^7$	70,8 b
TESTIGO	2,1 c

$F = 23,18$  CV % = 16,22

Valores originales transformados en  $\arcseno \sqrt{x+0,5}$

Medias seguidas de la misma letra en la misma columna, no difieren entre sí significativamente según la prueba de DMS al 5 % de probabilidad.

### Experimento 2. Evaluación de cinco dosis de *P. lilacinus* aislamiento PL-3481 para el control de huevos de *A. varia*

Los resultados de la mortalidad confirmada, presentaron diferencias significativas entre las diferentes dosis y el testigo ( $p < 0,01$ ;  $F = 32,8^{**}$ ). No se encontraron diferencias significativas entre las cinco dosis estudiadas (Cuadro 3). Las curvas de mortalidad acumuladas

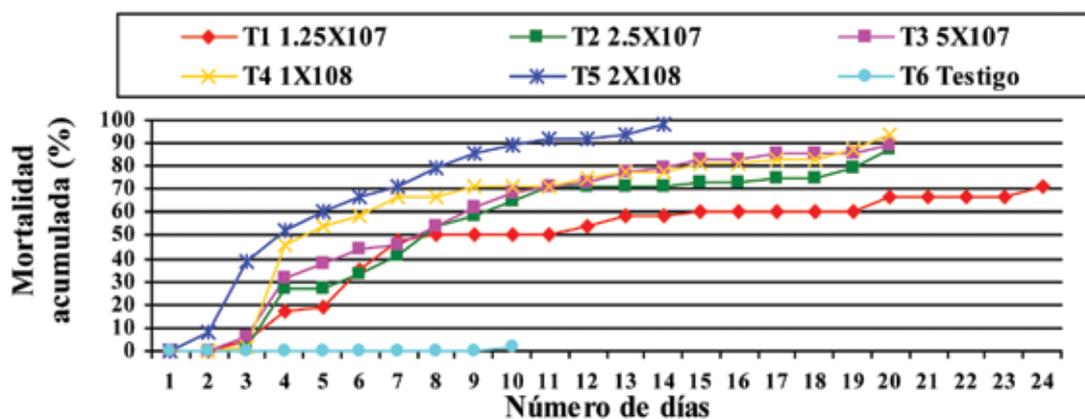


Figura 1. Porcentaje de mortalidad acumulada de huevos de *A. varia* con cinco dosis del hongo *M. anisopliae*, después de 24 días. Enero, 2004.

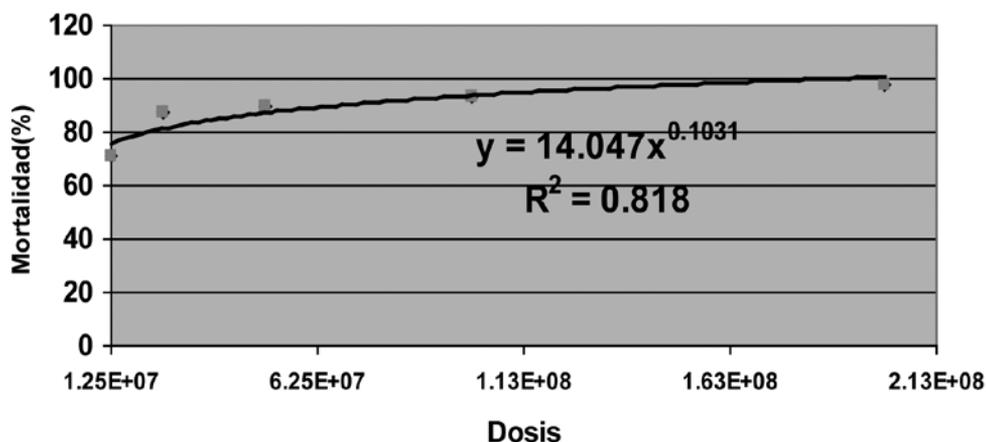


Figura 2. Diagrama de dispersión del porcentaje de mortalidad de huevos de *A. varia* con diferentes concentraciones de *M. anisopliae*. Laboratorio de hongos entomopatógenos. Ingenio San Antonio. Mayo, 2004.

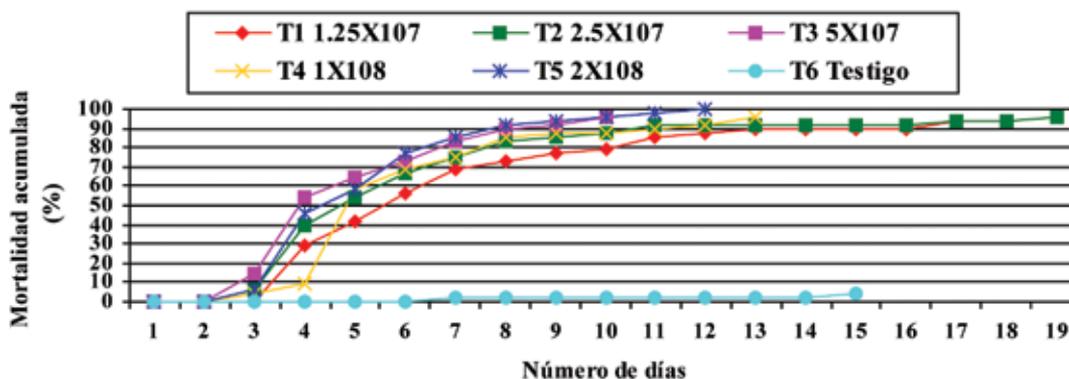


Figura 3. Porcentaje de mortalidad acumulada de huevos de *A. varia* con 5 dosis del hongo *P. lilacinus*, después de 19 días de aplicado. Enero, 2004

permiten observar que hay diferentes niveles de virulencia entre las dosis. La dosis de  $2 \times 10^8$  conidios/ml produjo la mayor mortalidad en el menor tiempo, seguida de la dosis  $1 \times 10^8$  conidios/ml (Figura 3). Se encontró una correlación positiva ( $r = 0,92^{**}$ ) entre las dosis y la mortalidad. El modelo que mejor explicó este comportamiento fue el tipo potencial:  $R^2 = 0,7531^{**}$  (Figura 4). La  $DL_{50}$  calculada fue de  $6,24 \times 10^5$  y la  $DL_{90}$  de  $1,09 \times 10^7$  conidios/ml. Con base en la determinación de la  $DL_{50}$  para ambas especies, se determinó que la cepa PL-3481 de *P. lilacinus* es 2,75 veces más virulenta que la cepa BISA-012000 de *M. anisopliae*.

CUADRO 3

Mortalidad acumulada de los huevos de *A. varia* a los 19 días de inoculación con el hongo *P. lilacinus*. Temperatura  $26^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$ , fotofase 14 horas. Laboratorio de hongos entomopatógenos. Ingenio San Antonio. Nov, 2003.

Tratamientos (conidios/ml)	% MORTALIDAD
$2.0 \times 10^8$	100,0 a
$1.0 \times 10^8$	95,8 a
$5.0 \times 10^7$	95,8 a
$2.5 \times 10^7$	95,8 a
$1.25 \times 10^7$	93,7 a
TESTIGO	4,2 c

$F = 32,8$  CV % = 14,2

Valores originales transformados en  $\arcseno \sqrt{x+0,5}$

Medias seguidas de la misma letra en la misma columna, no difieren entre sí significativamente según la prueba de DMS al 5% de probabilidad.

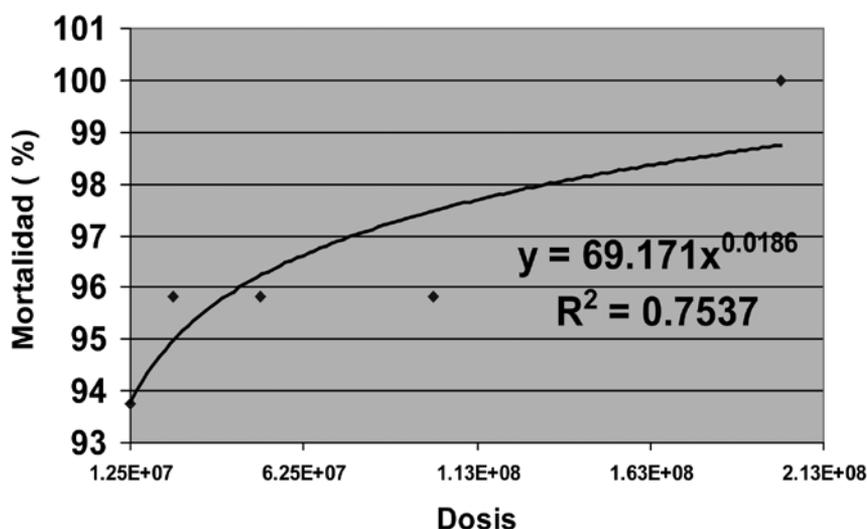


Figura 4. Diagrama de dispersión del porcentaje de mortalidad acumulada de huevos de la "salivita" *A. varia* con diferentes concentraciones de *P. lilacinus*. Laboratorio de hongos entomopatógenos. Ingenio San Antonio. Mayo, 2004.

**Experimento 3.** Evaluación de diferentes razas de hongos entomopatógenos en huevos de salivita *A. varia*.

Los resultados de la mortalidad confirmada, presentaron diferencias significativas entre las diferentes dosis y el testigo ( $p < 0,01$ ;  $F = 32,1^{**}$ ). No se encontraron diferencias significativas entre los aislamientos BISA-012000 y PL-3481 pero sí entre estas y la MR-012002 de *M. anisopliae* (Cuadro 3).

CUADRO 3

Mortalidad acumulada de los huevos de *A. varia* con los hongos *M. anisopliae* y *P. lilacinus*. Temperatura  $26^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , fotofase 14 horas. Laboratorio de hongos entomopatógenos. Ingenio San Antonio. Nov, 2003.

Tratamientos (conidios/ml)	% MORTALIDAD
BISA-012000	95,85 a
PL-3481	91,65 a
MR-012002	50,0 b
TESTIGO	4,15 c

$F = 32,2^{**}$  CV % = 14,2

Valores originales transformados en arcoseno  $\sqrt{x+0,5}$

Medias seguidas de la misma letra en la misma columna, no difieren entre sí significativamente según la prueba de DMS al 5 % de probabilidad.

Estos resultados confirman la especificidad que hay entre aislamientos de una misma especie de hongos y entre especies, a una determinada fase de desarrollo de

una especie plaga, como fue reportado por Badilla y Alves (1991) para diferentes aislamientos de *Beauverria bassiana*, y Arango et al (1994) trabajando diferentes estados de desarrollo de *A. varia*; lo cual ratifica la importancia de realizar estudios de evaluación de cepas para poder seleccionar las más patogénicas y virulentas a través de la determinación de las dosis letales. Este conocimiento orienta mejor los trabajos de investigación y aplicación comercial en el campo de agentes de control microbiano como los hongos entomopatógenos. Los resultados obtenidos en esta investigación posibilitan iniciar estudios de campo para buscar una estrategia de control biológico de la fase de huevo. Esto permitiría disminuir la tasa de sobrevivencia en campo y por ende implementar una estrategia de manejo sostenible, lo cual disminuya la aplicación de insecticidas que aún se realiza en la mayoría de los campos cañeros para el control de esta plaga.

## CONCLUSIONES

1. Los aislamientos de *M. anisopliae* y *P. lilacinus* son patogénicos para huevos, de la salivita *A. varia* presentando diferencias en la patogénicidad y virulencia.
2. La cepa PL-3481 de *P. lilacinus* fue 2,75 veces más virulenta que la cepa BISA-012000 de *M. anisopliae*.
3. La cepa BISA-012000 de *M. anisopliae* y la cepa PL-3481 de *P. lilacinus* son promisorias para el control de los huevos de esta especie, por su especificidad, alta patogénicidad y virulencia.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a los compañeros del programa de Entomología de DIECA en Costa Rica, así como a los Ing. Víctor Hugo Motta, Jorge Reyes, René Lacayo y Aoldo López Jefes de Programas de plagas de los ingenios La Unión, Santa Ana de Guatemala, San Antonio en Nicaragua y Santa Matilde en Honduras. Además a los Ing. Gustavo Martínez y Sharón González del Ingenio San Antonio por los trabajos de campo y laboratorio realizados lo cual ha permitido la implementación en forma exitosa del control microbiológico de cercópodos en el cultivo de la caña en Centroamérica.

## LITERATURA CITADA

1. Allard, G.B.; Chase, C.A.; Heale, J.B.; Isaac, J.E. Prior, C. 1990. Field valuation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) as a mycoinsecticide for control of sugarcane froghopper, *Aeneolamia varia* sacharina (Hemiptera: Cercopidae) Journal of Invertebrate Pathology (55) 41-46.
2. Alves, S. B. 1986. Fungos Entomopatogénicos. Em controle microbiano de insetos. Editorial Monole, São Paulo Brasil. p. 73-105.
3. Azasgua (Asociación de Azucareros de Guatemala).2004. Reportes semanales. Avances zafra 03/04. Guatemala 10 p.
4. Badilla, F.; Alves, S. B. 1991. Controle do gorgulho da cana-de-açúcar *Sphenophorus levis* Vaurie 1978 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) com *Beauveria bassiana* y *Beauveria brogniartii* em condições de laboratorio e campo. Anais da Sociedade Entomologica do Brasil 20 (2):84.
5. Badilla, F.; Solís, A.I.; Alfaro, D. 1991. Control biológico del barrenador de la caña de azúcar *Diatraea* spp (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) N° 20-21. p.39-44.
6. Badilla, F., Toledo, J.C.; Barreno, C. 1996. Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* en adultos de la "chinche salivosa" *Aeneolamia alfofasciata* y *Prosapia* spp. (HOMOPTERA: CERCOPIDAE) en caña de azúcar en Escuintla, Guatemala. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No.42 p.39-44.
7. Badilla, F. 2000. Utilización del control biológico y alternativas no químicas para el manejo de plagas insectiles en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. Internacional Sugar Journal. Vol.102, N ° 58 p 61-65.
8. Badilla, F.; Arias, M. 2000. Evaluación de trampas amarillas para el control de *Aeneolamia varia*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) N° 58 p 61-65.
9. Badilla, F. 2002. Un programa exitoso de control de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) N° 64 p.77-87.
10. De Bach, P. 1968. Control biológico de las plagas de los insectos y malas hiervas. 2.ed. México, Compañía Editorial Continental, 1968.
11. Cengicaña, 2005. Centro Guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar. Informe anual 2004-2005. Programa de Manejo Integrado de plagas p- 38-53.

12. Ferron, P. 1978. Biological control of insects pest by entomogenous fungi. Annual Review of Entomology 23:409-442.
13. Guagliumi, P. 1968. As cigarrinhas dos canaviais no Brasil. Uma contribuição: perpectivas de uma luta biológica nos Estados de Pernambuco e Alagoas. Brasil Açucareiro, 72:34-43.
14. Salazar, J.D.; Badilla, F. 1997. Evaluación de dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* y seis insecticidas granulados en el control del salivazo (*Aeneolamia postica*) HOMOPTERA: CERCOPIDAE) en caña de azúcar en la Región de San Carlos, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) N° 43 P.9-18.
15. Robers, D. W.; Yendol., W. G. 1971. Use of fungi for microbial control of insects. In Microbial control Academic Press p.125-149.
16. Sokal, R. 1958 . Probit analysis on digital computer. Journal Economy entomology 51(5):638-639
17. Wraight, P. S., Roberts, D.W. 1987. Insect control effort with fungi: Journal of Industrial Microbiology Suppl. N° 2. Society for Industrial Microbiology. p-77.

## LITERATURA CITADA

1. Alves, S. B. 1986. Fungos Entomopatogénicos. Em controle microbiano de insetos. Editorial Monole, São Paulo Brasil. p. 73-105.
2. Arango, L. G.; Torres, C; Lapointe, S.L. 1994. Patogenicidad de tres cepas de *Metarhizium anisopliae* sobre huevos y ninfas de *Aeneolamia varia* (Fabricius) (HOMOPTERA:CERCOPIDAE). Revista Colombiana de Entomología N° 1 (20) p.43-66.
3. Badilla, F.; Alves, S. B. 1991. Controle do gorgulho da cana-de-açúcar *Sphenophorus levis* Vaurie. 1978 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) com *Beauveria bassiana* y *Beauveria brogniartii* em condições de laboratorio e campo. Anais da Sociedade Entomologica do Brasil. 20 (2):84.
4. Badilla, F.; Solís, A. I.; Alfaro, D. 1991. Control biológico del taladrador de la caña de azúcar, *Diatraea* spp. (LEPIDOPTERA : PYRALIDAE) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No.20-21 p. 39-44.
5. Badilla, F., Toledo, J.C.; Barreno, C. 1996. Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* en adultos de la "chinche salivosa" *Aeneolamia alfofasciata* y *Prosapia* spp. (HOMOPTERA: CERCOPIDAE) en caña de azúcar en Escuintla, Guatemala. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No.42 p.39-44.
6. Badilla, F.1998. Metodología para el manejo integrado de cercópodos (*Aeneolamia* spp y *Prosapia* spp) (HOMOPTERA: CERCOPIDAE) en el cultivo de la caña de azúcar. Bioasesoría Internacional S.A. (BISA) 31p. (Mimeografiado).
7. Badilla, F.F. 2000. Utilización del control biológico y alternativas no químicas para el manejo de plagas insectiles en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. Internacional Sugar Journal. Vol. 102, N°1221. p. 482-490.
8. Badilla, F.; Arias, M. 2000. Evaluación de trampas amarillas para el control de *Aeneolamia varia*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) N° 58 p 61-65.
9. Debach, P. 1968. Control biológico de las plagas de los insectos y malas hiervas. 2.ed. México, Compañía Editorial Continental, 1968.

10. Ferron, P. 1978. Biological control of insects pest by entomogenous fungi. *Annual Review of Entomology* 23:409-442.
11. Guagliumi, P. 1968. As cigarrinhas dos canaviais no Brasil. Uma contribuição: perspectivas de uma luta biológica nos Estados de Pernambuco e Alagoas. *Brasil Açucareiro*, 72:34-43.
12. Robers, D. W.; Yendol. W. G. 1971. Use of fungi for microbial control of insects. In *Microbial control Academic Press* p.125-149.
13. Salazar, J.D. Evaluación de dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* y seis insecticidas granulados en el control del salivazo (*Aeneolamia postica*) (HOMOPTERA: CERCOPIDAE) en caña de azúcar en la región de San Carlos, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* N° 43 p.9-18, 1997.
14. Sokal, R. 1958. Probit análisis on digital computer. *Journal Economy Entomology* 51(5):638-639.
15. Wraight, P. S., Roberts, D. W. 1987. Insect control effort with fungi: *Journal of Industrial Microbiology Suppl.* N°2. Society for Industrial Microbiology. p-77.

## CONTROL BIOLÓGICO DE PATÓGENOS

Vera Sánchez garita  
Profesora-Investigadora  
CATIE, Turrialba, Costa Rica.

El control biológico de patógenos es una alternativa al uso excesivo de plaguicidas, particularmente de funguicidas, que en el pasado no recibió mucha importancia, principalmente por el éxito inicial que tuvieron los funguicidas y en segundo por que las investigaciones tardaron mucho en demostrar su efecto dañino a la salud humana. Posteriormente, la aparición de poblaciones de patógenos resistentes a estos productos químicos fue determinante para que el control biológico se considerara una alternativa viable y en algunos casos única para el manejo de enfermedades.

El control biológico se conoce desde la antigüedad, ya que se basa en el uso de enemigos naturales, que son parte de la cadena trófica que mantiene el balance entre estos, las plantas y los patógenos. Sin embargo, gracias a la intervención del ser humano que ha modificado los agroecosistemas para su beneficio, en sistemas cada vez menos diversos, donde predomina el monocultivo, y principalmente con la aparición de los plaguicidas se provocó un desequilibrio causado por el daño de estos productos, no solo a las plagas sino también a sus enemigos.

El desequilibrio entre los patógenos y sus enemigos naturales ha permitido el resurgimiento de enfermedades que se consideraban controladas o poco importantes por ser causadas por patógenos endémicos o secundarios, los cuales, en ausencia de sus enemigos naturales, se han transformaron en problemas fuera de control. Por ejemplo, el uso indiscriminado de cobres en café que casi han eliminado a *Fusarium lateritium*, enemigo natural de *Colletotrichum coffearum*, por lo que el patógeno se ha incrementado hasta el punto que actualmente es una de las enfermedades más importantes en el cultivo de café. Asimismo, el uso excesivo de benzimidazoles, es un ejemplo de un funguicida que ha provocado desequilibrio a nivel de la filofera de gran cantidad de cultivos. Entre ellos, la reducción de *Fusarium* spp, controlador natural

de *Rhizoctonia solani* en cereales. Particularmente en trigo los patógenos *Drechslera* y *Alternaria* han incrementado por la pérdida de enemigos como *Septoria* sp. Este mismo funguicida ha causado un desequilibrio en muchos cultivos de flores donde también *Botrytis cinerea* perdió un enemigo muy importante, *Penicillium* sp.

El éxito inicial de los plaguicidas también provocó que se abandonaran muchas otras formas de control de enfermedades, tales como prácticas agrícolas y resistencia genética. Además, la alta frecuencia de las aplicaciones en el campo se ha convertido en un mecanismo de selección de poblaciones de patógenos resistentes que, en muchos casos, son mucho más severas y virulentas que las poblaciones originales.

Se ha identificado una gran población de microorganismos antagonistas que, a nivel endofítico y epifítico, actúan como agentes de control biológico de los patógenos. Algunos de los cuales se empezaron a explotar comercialmente desde hace varias décadas. Tales como las razas hipovirulentas del virus que causa la enfermedad conocida como la tristeza de los cítricos, que cuando son inoculadas en plantas sanas tienen el efecto de impedir que las razas severas del virus infecten las plantas. De igual forma, razas avirulentas de *Agrobacterium tumefaciens*, que previenen la infección de razas de la bacteria que causan agallas en muchos árboles. También es muy conocido el efecto de suelos "supresivos" que se caracterizan por contener gran cantidad de materia orgánica y grandes poblaciones de organismos antagonistas a patógenos del suelo como *Streptomyces scabies* (sarna de la papa) *Fusarium oxysporium* entre otros muchos.

De igual forma que los fitopatógenos mantienen una estrecha relación con sus enemigos naturales, las plantas han estado siempre asociados naturalmente a microorganismos endofíticos e epifíticos que las ayudan en su desarrollo y defensa de los patógenos. Es bien conocida la relación de las plantas con organismos que

favorecen su crecimiento, directamente a través de reguladores del crecimiento o indirectamente por medio de la disponibilidad y absorción de nutrientes. Desde hace mucho tiempo se conocen especies *Rhizobium* sp., que a través de una relación de simbiosis favorecen la absorción de nitrógeno; Las micorrizas, que además de actuar directamente como promotores del crecimiento favorecen la absorción de nutrientes (P, Cu y ZN) y las rizobacterias, que también presentan efecto como promotores del crecimiento.

Actualmente el uso de agentes de control es considerado una tecnología limpia por que no colabora con la contaminación ambiental. Particularmente en agricultura ecológica es considerado como un componente de sostenibilidad de los agroecosistemas. Así mismo en algunos casos donde se puede aprovechar el incremento de los enemigos naturales nativos, se considera una estrategia para reducir la dependencia de insumos externos. Desde este punto de vista algunos autores como Altieri *et al.* (1989), consideran que el control biológico representa el método más económicamente viable, ecológicamente recomendable.

El control biológico se puede definir como la Reducción de la población de una plaga o de su capacidad de producir daño a través de la acción de uno o más organismos diferentes al ser humano (Cook y Baker 1983), Sin embargo lo más importante es que es un componente que puede favorecer la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Bajo este contexto el control biológico se considera una opción, que junto con otras prácticas agrícolas, puede reducir las poblaciones de los patógenos. Además, permite manejar las enfermedades a niveles de beneficio económico y con menor daño al ambiente tanto como a la salud humana. En el caso de la producción orgánica es una estrategia esencial para el manejo de las enfermedades.

El control biológico de patógenos, puede ser a través la introducción de antagonistas, conocido como control clásico, en este caso el agente de control inoculado en un sitio puede dispersarse a nivel de finca o región si las condiciones le son favorables. Varios ejemplos de este tipo de control se encuentran en la literatura como: *Cylindrocladium concentricium*, *Dycyma pulvinata* como control de *Phyllachora huberi*, patógeno del árbol de hule; *Sporidesmium sclerotivorum* como agente de control biológico de *Sclerotinia minor* que causa pudrición radicular en el cultivo de lechuga. Esta estrategia ofrece la ventaja de que después de inoculado el antagonista se convierte en beneficio para todos los productores. Sin embargo, presenta la desventaja, de que no obstante el alto costo de su desarrollo no se puede recuperar la inversión. Por lo tanto, esta estrategia debe considerarse como programas a cargo de instituciones sin fines de lucro.

También se puede realizar control biológico a través los enemigos naturales o antagonistas nativos. Esta estrategia se conoce como **umentativa** o **inundativa**, ya que se basa en la selección y aumento de las poblaciones de enemigos naturales a niveles que puedan reducir el daño del patógeno. En este caso las aplicaciones se hacen en el momento y frecuencia que se necesite, o sea que su aplicación se parece más al de un plaguicida. Esta estrategia tiene la ventaja de que se puede desarrollar a nivel de finca para problemas particulares o a nivel regional, se puede registrar y comercializar, por lo tanto puede ser lucrativa para quién la desarrolle.

En esta estrategia también se incluye la conservación (preservación) de enemigos naturales dentro del agro ecosistema. No obstante esta práctica es la que menos atención recibe por parte de los fitoproteccionistas y los productores, a pesar de que a veces es practicada inconscientemente, como sucede en los sistemas de agricultura tradicional de América Latina, donde hay más biodiversidad y los enemigos naturales juegan un papel muy importante aunque en muchos invisible o difícil de probar. Así Waage y Greathead (1988) mencionan que en términos económicos, la mayor contribución del control biológico a la agricultura no viene de los programas de introducción, de inoculación e inundación, sino de la contribución de los enemigos naturales nativos. Pimentel (1998), es de la misma opinión y afirma que estos enemigos naturales regulan cerca del 90 % de las especies plagas en sistemas naturales y agroecosistemas. Por lo tanto para lograr un avance eficiente en el empleo del control biológico tanto con organismos introducidos y nativos, es preciso realizar cambios significativos en el manejo de los sistemas agrícolas, que favorezcan su establecimiento y desarrollo.

Sin embargo, los productos comerciales que se encuentran en el mercado pueden cumplir parcialmente con las dos estrategias, dado que la mayoría son productos importados que se pueden aplicar repetidas veces según la necesidad y por eso se les conoce como **bioplaguicidas**.

En ambas estrategias, es muy importante conocer el ciclo del cultivo y la etapa fenológica de mayor susceptibilidad al patógeno para iniciar las aplicaciones antes de que el patógeno cause daño a la planta, así como las condiciones ambientales que mejor favorecen al agente de control biológico antes que el patógeno.

Para tener éxito con el uso agentes de control biológico de patógenos, es importante considerar que se trata de un nuevo enfoque, donde lo que se manipula son seres vivos que a diferencia de los plaguicidas, necesitan condiciones ambientales favorables y fuentes de alimento para establecerse y reproducirse dentro o fuera de la planta. A diferencia del uso de plaguicidas donde su uso depende de pocas recomendaciones las casas

comerciales, para poner en práctica el control biológico se requiere de mucha más información y conocimiento. Es especialmente importante contar con suficiente información sobre la epidemiología del patógeno y el antagonista, y particularmente acerca de los mecanismos de acción del controlador. Se debe considerar que la enfermedad se da por la interacción del patógeno, el hospedero, el ambiente y **los enemigos naturales del patógeno**, que en esta pirámide ningún actor puede faltar para que se desarrolle la enfermedad, complicado por el ser humano que aplica plaguicida y manipula el ambiente natural. Cuando se agrega un agente de control biológico, se debe estar consciente de que se esta incluyendo el cuarto actor que debe interactuar con los otros y depende de ellos para sobrevivir y actuar como antagonista. Esto significa que no son no son persistentes, dependen de la relación planta-patógeno-clima en un ecosistema temporal.

## LITERATURA RECOMENDADA

1. ALTIERI, M.A.; TRUJILLO, J.; CAMPOS, L.; KLEIN- KUCH, C.; GOLD, C.S.; QUESADA, J.R. 1989. El control biológico clásico en América Latina en su contexto histórico. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). No. 12 pp. 2-107.
2. ADAMS, P. B. 1990. The potential of mycoparasites for biological control of plant diseases. *Annual Review of Phytopathology* 28, 59-72.
3. ANDREWS, J.H. 1992. Biological control in the phyllosphere. *Annual Review of Phytopathology*. 30, 603-635.
4. CANJURA, E.; SÁNCHEZ-GARITA, V; KRAUSS, U; SOMARRIBA, E. 2002. Reproducción masiva de *Verticillium* sp., hiperparásito de la roya del café, *Hemileia vastatrix*. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. 66:13-19.
5. COOK, R.J. 1993. Making greater use of introduced micro-organisms for biological control of plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 31, 53-80.
6. COOK, R.J., BAKER, K.F. 1983. *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens*. American Phytopathological Society. 589p.
7. GLIESSMAN, S. 2002. Agroecología: procesos agroecológicos en la agricultura sostenible. CATIE. 359 p
8. LECUONA, R. E. 1996. *Microorganismos Patógenos Empleados en el Control Microbiano de Insectos Plaga*. Talleres Gráficos Mariano Mas, México 639, Buenos Aires, Argentina. 338 pp.
9. LYON, G. D., REGLINSKI, T. ; NEWTON, A. C. 1995. Novel Disease Control Compounds: the potential to 'immunize' plants against infection. *Plant Pathology* 44, 407-427.
10. MENDOZA G., R.; HOOPEN, M; KASS, D.; SÁNCHEZ-GARITA, V. ; KRAUSS, U. 2003. Evaluation of mycoparasites as biocontrol agents of Rosellinia root rot in cocoa. *Biological Control*, 27:210-227
11. MUSON, G., McINROY, J. A.; KLOEPPER, J. W. 1995. Development of delivery systems for introducing endophytic bacteria into cotton. *Biocontrol Science and Technology* 5, 407-416.
12. PEREZ MANCIA, J.E.; SÁNCHEZ GARITA, V. 2000. Efecto de los sustratos celulosa y glucano sobre antagonistas de *Phytophthora infestans* en tomate. *Revista Manejo Integrado de Plagas*, 58: 45-53.
13. PIMENTEL, O. 1998. Environmental and economic issues associated with pesticide use. In: International Conference on Pesticide use in Developing Countries: Impact on Health and Environment. San José (Costa Rica). pp.8-14..
14. SÁNCHEZ GARTIA, V; BUSTAMANTE, E; SHATTOCK, R. 1998. Selección de antagonistas para el control biológico de *Phytophthora infestans* en tomate. *Manejo Integrado de Plagas* 48:25-34.
15. SÁNCHEZ GARITA, V.; BUSTAMANTE, E.; SHATTOCK, R. 1999. Control microbiológico de *Phytophthora infestans* en tomate. *Manejo Integrado de Plaga* 51: 47-59.
16. TALAVERA, M.E., BUSTAMANTE, E., GONZÁLEZ, R., SÁNCHEZ GARITA, V. 1998. Selección y evaluación en laboratorio y campo de microorganismos glucanólíticos antagonistas a *Mycosphaerella fijiensis*. *Manejo Integrado de Plaga* 47: 24-30.
17. WAAGE, J.K.; . GREATTHEAD, D.J. 1988. Biological control: challenges and opportunities. *Phil. Trans. R. Soc. Lond: B*, 318: 111-128. 1988.

## USO DE MICROORGANISMOS PARA EL CONTROL DE *PHYLLOPHAGA* SPP

Eduardo Hidalgo

Agricultura Ecológica, CATIE, Costa Rica

Phillip Shannon

NRI, Universidad de Greenwich, Gran Bretaña.

### INTRODUCCIÓN

Las larvas de varias especies del género *Phyllophaga* causan daños severos a muchos cultivos en Centro América y parte de Sur y Norteamérica, dentro de los que se puede citar el maíz, papa, pastos, hortalizas, granos básicos, viveros forestales y algunos cultivos perennes (King y Saunders, 1984). El control de esta plaga se ha dificultado debido a su hábito subterráneo, estacionalidad y patrón de ataque en parches y a que, en la mayoría de los casos, su detección se da cuando el daño al cultivo ya ha ocurrido.

El uso de microorganismos que han coevolucionado con la plaga se perfila como una práctica promisoriosa para su control, especialmente aquellos reconocidos por su capacidad para causar enfermedades crónicas y muerte tanto a los estadios larvales como a los adultos de *Phyllophaga* spp. Muchas de estos microorganismos han mostrado ser capaces de causar epizootias que mantienen naturalmente controladas las poblaciones de larvas de escarabeidos en el campo. Una de las ventajas del uso de este tipo de agentes de control biológico radica en que, por lo general, son organismos que están adaptados a los mismos hábitats en que se desarrolla la plaga, además de que tienen la capacidad de auto reproducirse sobre las larvas y/o adultos aumentando la concentración de sus propágulos y ayudando de esta forma a su establecimiento en el campo. Eventualmente, un microorganismo que se ha establecido en un sitio con problemas de infestación de *Phyllophaga*, entrará a formar parte de los factores de mortalidad de la plaga que ayudan a mantener las poblaciones bajas.

Las bacterias formadoras (*Bacillus popilliae*) y no formadoras de esporas (*Serratia entomophila*) así como los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* y nematodos de las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae, son los microorganismos

que se han estudiado más a fondo por tener mayor potencial para su uso en el control de larvas de escarabeidos, sin embargo otros grupos como los virus, rickettsias y protozoarios también llegan a jugar un papel importante en el arsenal biológico que naturalmente contiene las explosiones poblacionales de este tipo de plaga.

### METODOLOGÍAS PARA EL USO DE MICROORGANISMOS

Shannon (1996) indica que la categorización convencional de estrategias de control biológico (control clásico, inoculativo, inundativo) no se adapta bien al control con microorganismos porque frecuentemente hay que combinar tácticas de más de una categoría. Debido a que *Phyllophaga* es nativo de América, y sus enemigos naturales han coevolucionado con cada especie, el concepto de control biológico clásico no sería apropiado en este caso aunque las mismas especies de microorganismos asociados a *Phyllophaga* existen también en otras latitudes y la introducción de nuevas cepas de estos al continente podría tener potencial para su control, no obstante, la experiencia con el hongo *Metarhizium* en *Phyllophaga* spp ha sido que los aislamientos más virulentos provienen de zonas infestadas con la plaga, pero no necesariamente la misma especie (Shannon *et al*, 1993). La mayoría de aislamientos de hongos en otros insectos y aislamientos extranjeros, aún aquellos con alta infectividad en otros escarabeidos, no han mostrado ser efectivos contra *Phyllophaga* spp. Sin embargo, debido a la rareza de cepas efectivas contra esta plaga, los programas de búsqueda de controladores biológicos deben probar todo el material disponible sin importar su origen.

La inoculación controlada de áreas infestadas con el objetivo de iniciar el proceso de infección e inducir

epizootias es una estrategia implícita en el uso de la mayoría de los patógenos pero más marcada en aquellos casos en que el costo del inóculo sea elevado. Una alternativa a esta estrategia es la aplicación masiva de inóculo para tener un efecto insecticida. Para el caso del uso de microorganismos bajo esta estrategia, se ha utilizado el término "mico-insecticida" cuando el ingrediente activo es un hongo o "bioplaguicida" como un término más general que incluye a todos los grupos de microorganismos utilizados con este fin. En muchos casos, para microorganismos usados en el control de otras plagas, se ha logrado mejorar sustancialmente su efectividad mediante el desarrollo de formulaciones que busca proteger las estructuras infectivas (esporas, micelio, nematodos, etc) de las condiciones adversas del ambiente, tales como desecación, rayos ultra violeta y temperatura, y a la vez facilitar su aplicación en el campo. Para algunos escarabeidos, se han puesto al mercado preparaciones en forma de polvo mojable, pellets o suspensiones de esporas, aunque mucho del trabajo en control de *Phyllophaga* se ha realizado con formulaciones simples y económicas como mezclas con talco simple o suspensiones acuosas de esporas o conidios. Esta determinación se ha basado en que teóricamente, las condiciones de temperatura y humedad que ofrece el suelo son ideales para la supervivencia de la mayoría de estos microorganismos, sin embargo se debe estudiar mas a fondo los fenómenos de dispersión del inóculo en el suelo y los factores que afectan su viabilidad para tomar medidas correctivas mediante la formulación adecuada.

## PRINCIPALES PATÓGENOS DE *PHYLLOPHAGA* Y OTROS ESCARABEIDOS

En este caso llamamos patógenos principales a aquellos que ha recibido mayor atención por su potencial para el control biológico. El término, no necesariamente implica que jueguen un papel importante en regular poblaciones de *Phyllophaga* en la naturaleza. La dinámica poblacional de estos insectos es poco conocida y puede que algunos de los denominados patógenos menores, jueguen un papel más importante de lo que se estima. La ventaja comparativa de los llamados patógenos principales, es que existen metodologías conocidas para su producción masiva, haciendo posible su uso como bioplaguicidas.

### BACTERIAS

Muchas bacterias han sido asociadas a *Phyllophaga* spp, entre ellas *Bacillus cereus*, *Clostridium* sp *B. laterosporus* (Vargas y Abarca, 1991; Poprawski y Yule, 1990), sin embargo Klein y Jackson (1992) considera que en la

mayoría de los casos estos podrían ser patógenos facultativos que infectan solamente cuando las larvas están bajo condiciones de estrés. Otros grupos de bacterias considerados como invasores rápidos, incluyen *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Actinobacter*, *Erwinia* y *Serratia*. Pocas cepas de estas bacterias resultan consistentemente patogénicas con inoculaciones orales, aunque para larvas de otra especie de escarabeidos (*Costelytra zealandica*) se han encontrado cepas de *Serratia entomophila* altamente virulentas, con las que se ha llegado a desarrollar un bioplaguicida comercial (Invade).

Recientemente se han identificado cepas de *Bacillus thuringiensis* activas contra larvas de escarabeidos (Croker *et al*, 1982) y se considera que pronto podrían salir al mercado productos formulados contra estos insectos.

La bacteria más exitosa y estudiada contra larvas de escarabajos, incluyendo *Phyllophaga*, ha sido *Bacillus popilliae* (Bp), para la cual se ha confirmado su condición de parásito obligado. Esta bacteria forma esporas muy resistentes a las condiciones adversas del ambiente, que le confieren una ventaja como agente de control biológico. Esta característica también asegura que la bacteria formulada será estable y almacenable por periodos prolongados.

La enfermedad causada por Bp es conocida como "enfermedad lechosa" y ocurre solamente en escarabeidos. Las larvas enfermas se reconocen por su color blanco lechoso causado por la proliferación de esporas refractarias en la hemolinfa. Esto se puede a través de la cutícula transparente de los últimos segmentos abdominales. El diagnóstico se puede confirmar perforando la cápsula cefálica con un alfiler, lo que permite que salga una gota de hemolinfa con apariencia de leche en las larvas enfermas o transparente-amarillenta en larvas sanas.

De acuerdo a la posición de la espora y la presencia o ausencia de un cuerpo parasporal dentro de la bacteria, se les ha dividido en Tipos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>mult</sub>, B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>), uniendo en un solo grupo lo que en ocasiones se ha clasificado como dos especies de *Bacillus* (*B. popilliae* y *B. lentimorbus*).

Las larvas se infectan cuando ingieren esporas de la bacteria con su alimento. Las esporas pueden sobrevivir muchos años en el suelo y al entrar al tracto digestivo germinan. Las formas vegetativas de la bacteria penetran la pared del tracto medio y pasan al hemocelo (cavidad en la que se encuentra la hemolinfa), allí se reproducen y eventualmente esporulan produciendo alrededor de 5x10<sup>10</sup> esporas/ml de hemolinfa. La muerte típicamente ocurre al mes o más después de la infección.

Bp ha sido utilizado con éxito en campos con poblaciones altas de larvas del escarabajo japonés *Popillia japonica* (Klein, 1992) y ha sido estudiada contra otras especies encontrando que tiene un buen potencial como agente de control biológico. En el CATIE, se man-

tiene una colección de cepas de Bp colectadas en zonas tropicales y subtropicales entre las que se han seleccionado algunas altamente promisorias contra al menos dos de las especies de *Phyllophaga* más importantes en Centro América.

La principal limitante para el uso de esta bacteria es su reproducción, la cual se debe hacer directamente en la larva debido a su condición de patógeno obligado. Las investigaciones actuales en CATIE se han centrado en mejorar las metodologías de producción y aplicación del inóculo en el campo para disminuir el costo de su uso.

## HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

Varios hongos del grupo de los Deuteromicetos tales como *Paecilomyces*, *Hirsutella*, *Verticillium*, *Akanthomyces*, *Beauveria* y *Metarhizium*, han sido observados infectando larvas de escarabeidos, sin embargo solamente los dos últimos han sido considerados como agentes con potencial para el desarrollo de un micoinsecticida. Ambos hongos son habitantes normales del suelo y están distribuidos globalmente, causando epizootias esporádicas bajo condiciones naturales.

Al igual que para muchas otras plagas, las diferentes cepas de *Beauveria* y *Metarhizium*, no tienen la misma virulencia contra *Phyllophaga* por lo que es necesario llevar a cabo procesos de selección de aislamientos. Las larvas de *Phyllophaga* han evolucionado en un ambiente en que constantemente están en contacto con una gran variedad de microorganismos, incluyendo hongos entomopatógenos, por lo que han desarrollado resistencia contra la mayoría de ellos, haciendo que las cepas patógenicas de alta virulencia sean poco comunes. Algunos mecanismos de defensa contra la infección por hongos son fácilmente identificables en el campo. El caso más claro es la acumulación de quitina, formando manchas café oscuro, alrededor de los puntos de la cutícula por donde se ha iniciado la penetración del patógeno o la encapsulación del microorganismo cuando ya ha penetrado, formando gránulos color café-negro en el cuerpo graso de la larva.

Se han reportado cuatro especies de *Beauveria* activas contra escarabeidos: *B. bassiana*, *B. brongniartii* (= *B. tenella* y *B. densa*), *B. amorpha* (= *Isaria amorpha*, e *Isaria orthopterorum*), y *B. vermiformis*. Todas las especies producen abundante micelio blanco sobre el cadáver, en algunos casos extendiéndose a varios centímetros de la larva produciendo masas de conidios blancos o blanco cremoso. *B. bassiana* y una posible especie nueva de *Beauveria* ha sido aislada de larvas de *P. obsoleta* en Costa Rica. Pruebas de laboratorio con estas cepas produjeron altos porcentajes de mortalidad en larvas de segundo estadio de *P. menetriesi*, sin embargo no se obtuvo esporulación, y la mortalidad en larvas de tercer

estadio y en otras especies de *Phyllophaga* fue muy baja (Shannon *et al*, 1993).

*Metarhizium* produce micelio color blanco o amarillo columnas de conidios que se unen formando típicos bloques verdes muy compactos. Pese a ser un hongo muy abundante en el suelo, las cepas con buena actividad contra *Phyllophaga* son escasas. De acuerdo a pruebas realizadas en CATIE, de 160 aislamientos evaluados contra *P. menetriesi*, *P. vicina* y *P. obsoleta*, solamente tres infectaron llegaron a producir niveles aceptables de infección en dos o más de las especies. Esta experiencia confirma que la selección adecuada de genotipo probablemente sea crítica para el uso de este hongo en el control de *Phyllophaga*.

## OTROS MICROORGANISMOS

**Nemátodos** de las familias Heterorhabditidae y Steinernematidae portan bacterias las que liberan dentro del hospedero. La reproducción masiva de estas bacterias causa la muerte del insecto y a la vez le permite al nematodo completar su ciclo de vida generando nuevos estadios juveniles que saldrán al medio en busca de nuevas presas. Una ventaja de los nematodos es su movilidad que se traduce en capacidad para buscar las larvas de *Phyllophaga* en el suelo, también que existen métodos de producción masiva y formulación que ha permitido la generación de productos comerciales para otras plagas. Pese a que hay muchos resultados promisorios contra *Phyllophaga* a nivel de laboratorio, su uso en el campo tiene limitaciones biológicas y técnicas que aun deben investigarse.

Algunos **protozoarios**, específicamente de los grupos Microsporidia, Eucoccidiida, Neogregarinida y algunos Eugregarinida, son comúnmente encontrados parasitando larvas de *Phyllophaga* spp, sin embargo se conoce poco sobre su ciclo de vida y de su verdadero papel en el control de poblaciones de esta plaga.

Se han encontrado algunas **Rickettsias**, principalmente de la especie *Rickettsiella popilliae*, causando enfermedades letales en varias especies de escarabeidos. La infección es por ingestión y la muerte puede tardar hasta seis meses en alcanzarse. Pese a que se cree que tienen un papel importante en la dinámica de poblaciones de este grupo de insectos, su uso comercial es incierto debido a que su producción debe hacerse en células vivas y a que son patógenos potenciales de vertebrados (Shannon, 1996).

## LITERATURA CITADA

1. Crocker, R.L. et al 1982. Field records of pathogens and parasites of scarabaeids in Texas. Texas Turfgrass Research 1982: 41-42.
2. King, A.B.S. y Saunders, J.L., 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. TDRI-CATIE, ODA, Londres. P.90-93.

3. Klein M.G. y Jackson, T.A., 1992. Bacterial diseases of scarabs. In: Jacson, T.A. y Glare, T.R. (eds), Use of pathogens in sacarab pest management. Andover, Gran Gretaña. Intercept. P. 43-61
4. Klein, M.G., 1992. Use of *Bacillus popilliae* in Japanese beetle control. In: Jacson, T.A. y Glare, T.R. (eds), Use of pathogens in sacarab pest management. Andover, Gran Gretaña. Intercept. P. 179-189.
5. Porprawski, T.J. y Yule, W.N., 1990. Bacterial pathogens of *Phyllophaga* spp. (Col: Scarabaeidae) in southern Quebec. Journal of Applied Entomology 109: 414-422.
6. Shannon, P.J., 1996 Control microbiano de *Phyllophaga* spp. (Col: Melolonthidae). En: Shannon, P.J. y Carballo, M.(eds), 1996. Biología y control de *Phyllophaga* spp. CATIE, PRIAG. P. 80-93.
7. Shannon, P.J.; Smith, S.M.; Hidalgo, E. 1993. Evaluación en el laboratorio de aislamientos costarricenses y exóticos de *Metarhizium* spp. y *Beauveria* spp. contra larvas de *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) en: Diversidad y Manejo de Plagas Subterráneas (M.A. Morón compilador) 1993. Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Entomología e Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México. pp. 203-215.
8. Vargas, E. Y Abarca, G., 1991. Patogenicidad de *Bacillus cereus* y *Erwinia* spp sobre jobotos del género *Phyllophaga* (Col: Scarabaeidae). Agronomía costaricense 15: 157-162.

# DIAGNÓSTICO DE DISTRIBUCIÓN, INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL COMPLEJO DE PLAGAS DE LA CAÑA DE AZÚCAR QUE AFECTAN LOS CANTONES DE SAN CARLOS Y LOS CHILES, COSTA RICA

Alvaro Araya, Jose Daniel Salazar, Alejandro Rodríguez,  
Carlos Sáenz, Rodrigo Oviedo, Daniel Alfaro  
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar  
e-mail: aaraya@laica.co.cr, jsalazar@laica.co.cr,  
arodriguez@laica.co.cr, csaenz@laica.co.cr, roviedo@laica.co.cr

## RESUMEN

Debido a los bajos rendimientos industriales obtenidos por los productores independientes en la zafra 2003-2004 en la región Huetar Norte, se procedió a realizar un Diagnóstico de campo de la situación de las plagas y su relación con los diferentes factores que intervienen en el manejo agronómico del cultivo. La metodología de muestreo utilizada se realizó por medio de visitas directas a las unidades de producción a través de una encuesta y para la realización y correcta interpretación de la evaluación de campo se definió y aplicó una escala de *Daño Genérico* adaptable a todas las plagas. Para la determinación de la muestra se consideraron 96 productores independientes escogidos al azar, pertenecientes a seis (6) distritos del cantón de San Carlos y los Chiles y un total de 35 localidades. Se abarcó un área total de 1560 Has, de las cuales el 93.5% pertenecen al cantón de San Carlos y un 6.5% al cantón de los Chiles. También se encontró que el estado de las plagas observado al momento de realizar el diagnóstico se consideró en promedio *leve* y únicamente alcanzó el grado de *moderado* o *fuerte* algunos lotes y localidades aislados dado ello por el deterioro o la desatención manifiesta de la plantación.

## INTRODUCCIÓN

La presencia de plagas en grados problemáticos constituye un factor que atenta y conspira seriamente contra la estabilidad y el éxito productivo de las plantaciones comerciales de los cultivos agrícolas, entre los cuales la Caña de Azúcar no es la excepción. La situación se torna realmente grave cuando las plagas que aparecen son nuevas, no reconocidas o en su caso los niveles de afección provocados son significativos y, por tanto, de fuerte impacto económico.

Es por ello que la alarma creada por los bajos rendimientos industriales obtenidos en la zafra 2003-2004 en la zona de influencia cañera de la Región Huetar Norte de nuestro país que comprende tres ingenios los cuales representan el 11.1% de la producción de azúcar y un 10.7% del total de toneladas producidas a nivel nacional, creó la necesidad de poder relacionar el manejo

agronómico del cultivo con el nivel de daño producido por las plagas y el bajo rendimiento de dicha zafra específicamente a través de un diagnóstico de campo.

Por estos motivos, resulta necesario evaluar y diagnosticar periódicamente el estado fitosanitario de las plantaciones comerciales de caña, utilizando para ello criterios representativos y objetivos, y poder a partir de ello, ejecutar en el momento oportuno las medidas de control necesarias que permitan contrarrestar los efectos negativos inducidos por las mismas.

## OBJETIVO

Con el fin de conocer con alguna certeza la situación fitosanitaria de las plantaciones comerciales, se procedió a realizar un diagnóstico de campo en la Región Norte, propiamente en los cantones de San Carlos y Los Chiles, pertenecientes a la provincia de Alajuela, con

el objeto de *diagnosticar la situación actual de las plagas y su relación con los diferentes factores que intervienen en el manejo agronómico del cultivo de la Caña de Azúcar.*

## METODOLOGÍA

La Metodología utilizada para recolectar la información del Diagnóstico fue fundamentalmente la de la Visita Directa a las plantaciones de caña y, complementariamente, la Entrevista al propietario o encargado de la misma.

Las Fincas y los productores de caña evaluados surgieron de una selección previa realizada al azar por Localidad, mediante la cual se procuró evitar cualquier tipo de sesgo y abarcar además, las localidades productoras más importantes de la región; esto debido a la imposibilidad práctica de realizar el Diagnóstico a la totalidad de los productores.

La información básica recabada por medio de la consulta de campo fue la siguiente: Área de Caña Sembrada; Variedades Cultivadas; Manejo Agronómico de las Plantaciones; Prácticas de Cosecha; Estado Fitopatológico y Entomológico; Prácticas de Control de Plagas Ejecutadas; Disponibilidad en la Finca del Equipo y la Maquinaria Necesaria para Realizar el Control Efectivo de Plagas, entre otros.

El Diagnóstico se realizó entre el lunes 16 y el viernes 27 de agosto del 2004 en treinta y cinco (35) localidades productoras de caña de la región estudiada, pertenecientes a 6 distritos y a los cantones de San Carlos y Los Chiles, pertenecientes como se anotó a la provincia de Alajuela. Los cantones se encuentran Geográficamente ubicados en las siguientes Coordenadas: San Carlos (Ciudad Quesada, 656 msnm) 10° 19' 30" Latitud Norte y 84° 25' 48" Longitud Oeste; Los Chiles (43 msnm) a 11° 01' 57" y 84° 43' 05", Latitud Norte y Longitud Oeste,

CUADRO 1  
LOCALIDADES CONSIDERADAS PARA EL DIAGNOSTICO DE PLAGAS

CANTON	DISTRITOS	LOCALIDADES	# PRODUCTORES	AREA (ha)	
LOS CHILES	EL AMPARO	EL AMPARO	1	67,0	
		PAVON	2	35,0	
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>3</b>	<b>102,0</b>	
SAN CARLOS	CIUDAD QUESADA	CEDRAL	2	7,0	
		DULCE NOMBRE	3	41,3	
		SAN GERARDO	1	4,9	
		SAN RAMON	1	5,6	
		SUCRE	1	1,0	
		TESALIA	3	15,2	
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>11</b>	<b>75,0</b>	
		CUTRIS	BELLA VISTA	1	38,5
			BOCA DE ARENAL	4	75,2
			CORAZON DE JESUS	3	40,5
	LA CAJETA		4	111,5	
	SAN JORGE		3	86,4	
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>15</b>	<b>352,1</b>		
	FLORENCIA	CAIMITOS	1	20,0	
		CUESTILLAS	3	12,0	
		LA CEIBA	1	2,0	
		LA QUILEA	4	16,5	
		PEJE	4	67,0	
		PENJAMO	1	10,5	
		PLATANAR	7	40,1	
		SAN JUAN	9	122,3	
SAN LUIS		2	8,5		
SAN RAFAEL		1	23,0		
SANTA RITA	1	4,2			
<b>SUBTOTAL</b>	<b>34</b>	<b>326,1</b>			
LA PALMERA	SAN FRANCISCO	6	109,0		
	SANTA ROSA	6	33,1		
<b>SUBTOTAL</b>	<b>12</b>	<b>142,1</b>			
POCOSOL	BUENOS AIRES	7	168,6		
	EL ESTERO	5	42,3		
	LA LUISA	1	63,0		
	LAS NIEVES	1	2,5		
	SAN DIEGO	2	18,8		
	SAN GERARDO	2	118,5		
	SANTA CECILIA	1	92,0		
	SANTA MARIA	1	45,0		
	SANTA ROSA	1	12,0		
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>21</b>	<b>562,7</b>		
<b>TOTAL</b>			<b>96</b>	<b>1.560,0</b>	

CUADRO 2

CANTONES, DISTRITOS, AREA TOTAL Y AFECTADA. DIAGNOSTICO DE PLAGAS REGION NORTE. AGOSTO 2004

CANTON	DISTRITO	LOCALIDADES	AREA (HA)	AREA AFECTADA (HA)	% AFECCION
Los Chiles	El Amparo	2	102,0	4,0	3,9
San Carlos	Ciudad Quesada	6	75,0	15,8	21,0
San Carlos	Cutris	5	352,1	40,0	11,4
San Carlos	Florencia	11	326,1	15,0	4,6
San Carlos	La Palmera	2	142,1	14,5	10,2
San Carlos	Pocosol	9	562,7	110,5	19,6
TOTAL	6	35	1560,0	199,8	12,8

respectivamente. La altitud de la Región Cañera varía entre aproximadamente 670 y 40 msnm.

El Diagnóstico abarcó un área total de 1.560,0 has, de las cuales 1.458,0 has (93,5%) pertenecen al cantón de San Carlos y las 102,0 has (6,5%) restantes al cantón de Los Chiles. El detalle del área cubierta según cantón, localidad y número de productores consultados se muestra en el Cuadro 1.

## RESULTADOS

El Cuadro 2 muestra y ubica de forma resumida según cantón y distrito, el área total de caña disponible en las Unidades Productivas Evaluadas y el total del área de la Finca afectada por plagas. En términos generales, el área de caña afectada correspondió a 199,8 has (12,8%) del área total evaluada (1.560 has), sobresaliendo (contra todos los pronósticos) el distrito de Ciudad Quesada, donde se presenta el mayor porcentaje (21%), debido a la presencia de un componente variado de plagas, como se analizará más adelante.

El distrito de Pocosol con base en los daños ocasionados por la plaga de el "salivazo", reporta un 19,6% del área sembrada con caña afectada equivalente a 110,5 has. Los distritos de Cutris y La Palmera presentan por su

parte, porcentajes de área afectada próximos al 10% con 40,0 y 14,5 has, respectivamente. Los menores grados de presencia y daños provocados por plagas se reportan en los distritos de Florencia de San Carlos y El Amparo de Los Chiles. En la mayoría de los casos, el reporte de área afectada se realizó cuando se presentaban altos niveles de daño o la presencia de la plaga era generalizada en toda la finca.

En el 48,6 % de las localidades la presencia de las plagas o su nivel de daño no fue relevante por lo que no implicó anotación de área afectada, lo que resulta muy significativo. En la mayoría de los casos se reporta un porcentaje de área afectada baja.

El Diagnóstico realizado permitió además, valorar de forma objetiva y específica el efecto de las plagas en relación al componente de Variedades sembradas comercialmente en la región. En la Figura 1 se detalla el nombre de las principales Variedades que se identificaron durante el Diagnóstico, siendo que la variedad comercial conocida como "Saboriana" cubre el 43% del área evaluada, lo que equivale a 675,9 has; un total de 219,2 has (14%) estaba sembrado con B 76-259; el 11% (171,9 has) con el Clon SP 71-5574; en tanto que PINDAR reportó un 9% (138,9 has) y SP 79-2233 un 8% (118,5 has). Un importante grupo de variedades definidas e



Figura 1. Proporción del Área Sembrada Según Variedad de Caña.

CUADRO 3  
 PRINCIPALES PLAGAS INSECTILES Y VERTEBRADAS REPORTADAS  
 EN EL DIAGNOSTICO, AGOSTO 2004

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO
Barrenador Común del Tallo	<i>Diatraea</i> spp.
Barrenador Gigante del Tallo	<i>Castnia licus</i>
Chicharra	<i>Proarna invaria</i>
Cigarrita Antillana	<i>Saccharosydne saccharivora</i>
Picudo de la Caña	<i>Metamasius hemipterus</i>
Ratas	<i>Sigmodon hispidus</i> ; <i>Reithrodontomys</i> spp.
Salivazo, Baba de Culebra, Palomilla	<i>Aeneolamia</i> spp.; <i>Prosapia</i> spp.; <i>Zulia</i> spp.
Taltuzas	<i>Orthogeomys</i> spp.

identificadas como "Otras" representaron el 15% (235,6 has) del área, entre las que se pueden mencionar las Variedades: B 47-44, CP 57-603, H 77-4346, LAICA 85-653, LAICA 87-601, Q 96, RB 73-9735 y áreas sembradas con mezcla de Variedades.

Al realizar la evaluación de campo se consideró la presencia de las principales plagas de la región, así como aquellas que por sus antecedentes no tienen una frecuencia e Intensidad de Daño importante, pero que eventualmente, bajo determinadas circunstancias y condiciones, podrían incrementar sus poblaciones y provocar daños severos al cultivo y pérdidas económicas importantes al agricultor.

En el Cuadro 3 se anota el "Nombre Común" y complementariamente el "Nombre Científico" de las ocho especies de plagas consideradas como más importantes y comunes en la Región, seis de las cuales son Invertebradas (Insectos) y dos Mamíferos Vertebrados (Roedores).

Para la realización y correcta interpretación de la Evaluación de Campo, se definió y aplicó una Escala de Daño Genérica adaptable a todas las plagas, de manera que permitiera mantener un criterio preciso y similar de cada una de las personas que intervinieron en el mismo. La Escala definida consideró básicamente cuatro Niveles de Daño según la condición presente en la plantación y las poblaciones de las plagas, como se anota a continuación:

ESCALA	
NIVEL DE DAÑO	CONDICION
1	BAJO
2	MODERADO
3	ALTO
4	MUY ALTO

En el Cuadro 4 se presentan los Niveles de Daño determinados particularmente para cada uno de los 6 distritos y las 35 localidades valoradas. En total existen 249 reportes de daños o presencia de plagas en el campo. A nivel de distrito se tienen 70 reportes en Florencia, 59 en Cutris, 56 en Pocosol, 29 en La Palmera y Ciudad Quesada y 6 en El Amparo. En general se reporta una mayor incidencia de plagas en la zona baja (< 300 msnm), con excepción del cantón de Los Chiles, probablemente por ser una zona de reciente introducción del cultivo.

La mayor cantidad de reportes de daño se dieron en particular para el Salivazo (60), seguido del Barrenador Común del Tallo (54), las Ratas (40), la Cigarrita Antillana (38) y la Chicharra (31); siendo inferior el número de reportes en el caso de las otras plagas. El 63,1% de los casos identificados fueron catalogados con Nivel de Daño Bajo, el 22,9% Moderado, mientras en los Niveles Alto y Muy Alto se alcanzó el 9,6% y el 4,4% del total de reportes, siendo predominantes en estos dos últimos el Sali-

CUADRO 4  
 NIVELES DETERMINADOS PARA LAS DIFERENTES PLAGAS POR DISTRITO. DIAGNOSTICO DE PLAGAS EN LA REGION NORTE (SAN CARLOS Y LOS CHILES).

DISTRITO	CASTNIA				CHICHARRA				CIGARRITA				DIATRAEA				METAMASIIUS				RATAS				SALIVAZO				TALTUZAS			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CIUDAD QUESADA	1				1				3	1			4	2	1		2				2				5	2			3	1	1	
CUTRIS					8	2		2	12				4	4	2		2	2			3	3			2	5	5	3				
EL AMPARO					1				1				2												1	1						
FLORENCIA	4				8				8	1	1		10	4	1		4				9	5	4		8	3						
LA PALMERA	1				2	1			1				5	2	3	1					4	1			3	5						
POCOSOL	3				6				7	3			8	1			2				3	3	2	1	8	2	3	4				
TOTAL NIVEL/PLAGA	8	1	0	0	26	3	0	2	32	5	1	0	33	13	7	1	8	4	0	0	21	12	6	1	26	18	9	7	3	1	1	0
TOTAL PLAGA	9				31				38				54				12				40				60				5			

vazo, el Barrenador Común y las Ratas, como se muestra seguidamente:

CUADRO 5  
Niveles de Daño Determinados para las Diferentes Plagas

PLAGA	NIVEL DE DAÑO				TOTAL
	1	2	3	4	
CASTNIA	8	1	0	0	9
CHICHARRA	26	3	0	2	31
CIGARRITA	32	5	1	0	38
DIATRAEA	33	13	7	1	54
METAMASIVUS	8	4	0	0	12
RATAS	21	12	6	1	40
SALIVAZO	26	18	9	7	60
TALTUZA	3	1	1	0	5
TOTAL	157	57	24	11	249
PORCENTAJE	63,1	22,9	9,6	4,4	100,0

### RELACION ENTRE LAS VARIABLES DE MANEJO AGRONÓMICO Y LA PRESENCIA DE PLAGAS

Se estima conveniente y muy necesario disponer y presentar por su trascendencia, información relativa al clima prevaleciente en la Región Norte, lo cual se hace en el presente caso con base en información procedente de la Estación Meteorológica del Ingenio Quebrada Azul (2004) y referencias de años anteriores pertenecientes a las Estaciones que operaron en el Ingenio Cutris y en Ciudad Quesada (1995).

La Zona cañera perteneciente al cantón de San Carlos estudiada tiene influencia directa del Caribe del país, por lo que se posee un alto y definido régimen de lluvias

que carece sin embargo de un "Periodo Seco" estable, por lo general superior a los 30 días, lo que influye negativamente sobre los Rendimientos Industriales y Agrícola. En el caso de Los Chiles hay influencia del Lago de Nicaragua, y en dicho caso si hay un Periodo Seco muy fuerte y definido, por lo general de más de dos meses.

Muchas de las prácticas agrícolas de manejo del cultivo que se recomiendan, se realizan inoportunamente, o en su defecto son poco eficientes para los objetivos buscados. Además, las lluvias prevalecientes antes y durante el periodo de cosecha, afectan - negativamente la calidad de la Materia Prima producida. En el Cuadro 6 se observan las condiciones que prevalecen en la Zona Baja y Media - Alta en que están concentradas la mayoría de las siembras de Caña de Azúcar en el lugar.

En la Figura 2 se observa que durante el periodo 2000 al 2003 la Precipitación Total Acumulada de cada año estuvo ubicada entre 3.678 y 3.384 mm. Asimismo se infiere que para el mes de agosto del 2004 se tenía un acumulado de lluvia del periodo de 2.513 mm, mientras que para ese mismo periodo en el 2000 fue de 2.262 mm; en el 2001 de apenas 1.746 mm, en el 2002 de 2.387 mm y en el 2003 de 1.780 mm, todo lo cual revela la fuerte variabilidad mostrada por la lluvia en el lugar y un alto grado de humedad en el 2004.

En la Figura 3 se puede observar a su vez el régimen de lluvias verificado por mes durante los últimos tres años. Es importante anotar que si se da seguimiento puntual a las lluvias desde mayo del 2003 y hasta agosto del 2004 (15 meses), se tiene un total acumulado de 5.561 mm para un promedio mensual de 370,7 mm, el cual es muy superior a otros años, especialmente si se compara con el promedio mensual del año 2002 (306,6 mm) y del 2003 (296,1 mm).

Seguidamente se comentarán con algún grado de detalle algunas de las variables relacionadas con el

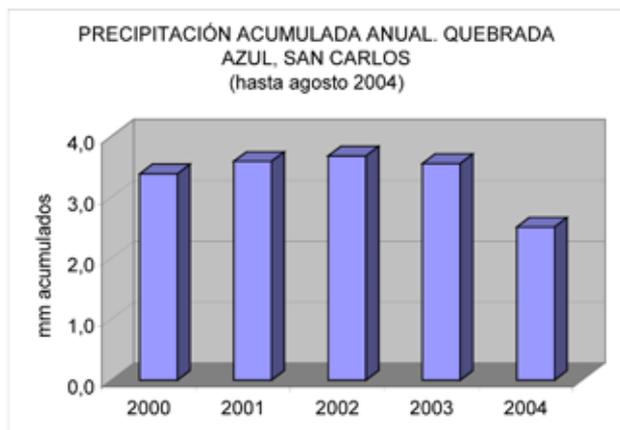


Figura 2. Precipitación Acumulada Anual reportada San Carlos. Periodo 2000-2004.

Fuente: Estación Meteorológica Ingenio Quebrada Azul

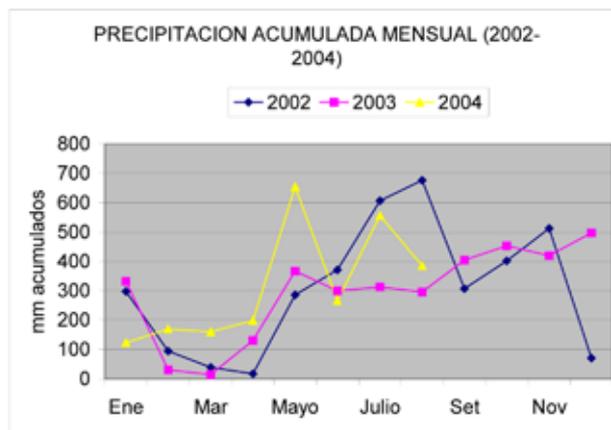


Figura 3. Precipitación Mensual en Quebrada Azul, en Quebrada Azul, San Carlos. Periodo 2002-2004.

Fuente: Estación Meteorológica Ingenio Quebrada Azul

CUADRO 6  
 CARACTERISTICAS DE CLIMA DE LOS DOS PISOS ALTITUDINALES DONDE SE SIEMBRA CAÑA DE  
 AZUCAR EN LA REGION DE SAN CARLOS

AREA DE INFLUENCIA	ALTITUD (msnm)	PRECIPITACION (mm)	TEMPERATURA (°C)		
			MEDIA	MAXIMA	MINIMA
ZONA BAJA	65-300	3.550	25,7	30,8	20,7
ZONA MEDIA ALTA	300-900	4.468	23,0	27,1	18,9

FUENTE: Vargas y Salazar, 1995

Manejo Agronómico de las Plantaciones consultadas a los encuestados, y que se estima podrían tener ingerencia y alguna influencia directa o indirecta sobre la presencia y el ataque de plagas.

## 1) CONTROL DE PLAGAS

Por muchos años se han recomendado y aplicado exitosamente en el país un grupo importante de Estrategias orientadas al Diagnóstico de Poblaciones y el Control de Plagas; siendo la región de San Carlos una de las más beneficiadas en esta materia, mediante la realización de múltiples actividades de Capacitación tanto de carácter Grupal como Individual. Para la mayoría de las plagas que afectan el cultivo de la Caña de Azúcar existe una o más Estrategias y Métodos de Control y Combate; aunque también es justo mencionar, que en ocasiones la implementación o uso de las mismas se pueden ver limitadas por causa de diversos factores. Además, algunas plagas presentan hábitos de vida y alimentación muy particulares que dificultan su control de forma eficiente y oportuna.

Se determinó por medio del estudio, que en la mayoría de los casos los productores tienen conocimiento y conciencia de las acciones preventivas y correctivas que deben seguir y ejecutar para controlar las plagas, pero pese a ello no todos las realizan.

El detalle de las Estrategias Utilizadas y su finalidad se expone en el Cuadro 7. Una de las prácticas que se realiza con mayor frecuencia es el Monitoreo de Plagas

que consiste en observaciones generales periódicas de la plantación, sin seguir un esquema metodológico establecido para ese fin. El 52% de los productores indicaron que lo realizan principalmente para determinar la presencia del Salivazo y el Barrenador Común del Tallo. Esta es una buena práctica de carácter preventivo y preventivo que debe promoverse y fortalecerse.

El Uso de Insecticidas Químicos se ha lamentablemente incrementado respecto a años anteriores, siendo que en 20 casos particulares se utilizó para realizar el Combate del Salivazo y en 5 casos para el control de Chicharras. El Insecticida más utilizado fue el Jade; también se reporta el uso de los Insecticidas Tamarón y Diazinón y el desinfectante Carbolina. Cabe destacar que muchas veces el empleo de Productos Químicos se realiza a manera de "Prueba" y con la esperanza de resolver fácil y rápidamente su problema de campo. Hay gran influencia de las empresas comercializadoras de estos productos. La Carbolina es un producto peligroso además de prohibido (contenido de Fenoles y otros), por lo que su utilización trae implícitos riesgos y peligros la mayoría de las veces desconocidos por el agricultor que pueden ir en afección de su propia salud y la de sus vecinos.

El Uso de Controladores Biológicos como son los Hongos Entomopatógenos de los Géneros *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* empleados para realizar el Control del Salivazo (13,5%) y la Cigarrita Antillana (10,4%) y complementariamente del Parasitoide de Larvas *Cotesia flavipes* utilizado para el combate del Barrenador Común (12,5%) fue también reportado, pero no

CUADRO 7  
 PRINCIPALES ESTRATEGIAS DE CONTROL DE PLAGAS UTILIZADAS SEGÚN EL NIVEL DE PRESENCIA  
 DIAGNOSTICO DE PLAGAS. REGION NORTE. AGOSTO DEL 2004

ESTRATEGIA	PLAGA	NIVEL DE DAÑO				TOTAL
		1	2	3	4	
Monitoreos	Salivazo ( <i>Aeneolamia</i> spp.; <i>Prosapia</i> spp.; <i>Zulia</i> sp.)	11	7	6	2	26
Monitoreos	Barrenador Común del Tallo ( <i>Diatraea</i> spp.)	16	4	4	0	24
Insecticidas químicos	Salivazo ( <i>Aeneolamia</i> spp.; <i>Prosapia</i> spp.; <i>Zulia</i> sp.)	7	5	5	3	20
Hongo	Salivazo ( <i>Aeneolamia</i> spp.; <i>Prosapia</i> spp.; <i>Zulia</i> sp.)	1	6	4	2	13
Liberación de <i>Cotesia flavipes</i>	Barrenador Común del Tallo ( <i>Diatraea</i> spp.)	3	3	5	1	12
Bolsas amarillas	Salivazo ( <i>Aeneolamia</i> spp.; <i>Prosapia</i> spp.; <i>Zulia</i> sp.)	3	3	4	2	12
Hongo	Cigarrita Antillana ( <i>Saccharosydne saccharivoræ</i> )	10				10
Insecticidas químicos	Chicharra ( <i>Proarna invariæ</i> )		3		2	5
Trampas de luz	Chicharra ( <i>Proarna invariæ</i> )				2	2
<b>TOTAL (9)</b>	<b>4</b>	<b>51</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>124</b>

en los niveles deseados y esperados. Otras Estrategias de control señaladas alternativamente por parte de los agricultores fueron el Uso de Trampas Adhesivas con Plástico de Color Amarillo y Trampas de Luz para la captura de adultos del Salivazo y la Chicharra, respectivamente.

## 2) VARIEDADES CULTIVADAS

Por muchos años se ha relacionado y vinculado la presencia del "Salivazo" en áreas afectadas por la plaga, con la siembra de la Variedad de Caña conocida en la Región como "Saboriana", situación que de acuerdo con los resultados del presente Diagnóstico no pudo ser corroborado y demostrado de manera absoluta, a pesar de que se reportan más de 53 casos en donde dicho Clon se siembra comercialmente, como lo indica el Cuadro 8.

Es necesario considerar al respecto, que dicho Material Genético corresponde a la Variedad que cubre el 43% del área cultivada que comprendió el estudio, lo que aporta una frecuencia de siembra alta. Existen factores complementarios asociados a la Variedad que sin embargo se conjugan e influyen en ello, como son principalmente los relacionados con el Manejo General de las Plantaciones (Control de Malezas, Drenajes, Fertilización, Encalamiento y Labranza del Suelo). La Variedad no debe valorarse como un factor aislado.

Se ha suficientemente demostrado en la práctica agrícola, que plantaciones con un adecuado Manejo Agronómico, donde se implementen oportunamente las Labores de Cultivo y ejecuten oportunamente las Actividades de Prevención de esta Plaga, la presencia de ataques severos es muy inferior.

Las plagas asociadas con la mayoría de las Variedades sembradas son el Salivazo y el Barrenador Común del Tallo. En las Variedades de origen Brasileño (siglas SP) se reporta la presencia de la Cigarrita Antillana y las Ratas como las segundas plagas en importancia.

CUADRO 8  
PRINCIPALES PLAGAS POR VARIEDAD  
DIAGNOSTICO DE PLAGAS EN LA REGION NORTE  
AGOSTO DEL 2004

VARIEDAD	PLAGA 1	Nº CASOS	PLAGA 2	Nº CASOS
B 76-259	Diatraea	24	Salivazo	22
PINDAR	Salivazo	15	Diatraea	12
SABORIANA	Salivazo	53	Diatraea	39
SP 71-5574	Salivazo	11	Cigarrita	7
SP 79-2233	Salivazo	11	Ratas	11
OTRAS	Salivazo	26	Diatraea	24

## 3) ENFERMEDADES

Si bien este factor no tiene en apariencia una relación directa con el efecto destructivo provocado por las plagas, es necesario indicar que se verificó en las plantaciones la Incidencia de seis Enfermedades con Grado de Severidad Variable, siendo importante señalar además, que las más limitantes para el caso particular de la Variedad "Saboriana" fue el Cogollo Retorcido (***Fusarium moniliforme***); mientras que para la Variedad B 76-259 se determinó que la mayor limitante en la región es la Alta Incidencia del Carbón de la Caña de Azúcar (***Ustilago scitaminea***), el cual provoca efectos negativos en la mayoría de las plantaciones donde esta presente, especialmente en aquellas "viejas" con varias cosechas sucesivas (socas) y con una Alta Presión de Inóculo, estimándose producciones que no superaban las 20 TM/ha. Estas plantaciones demandan su inmediata Renovación y Sustitución de los Clones empleados por Variedades Resistentes o Tolerantes a este patógeno.

## 4) PRACTICAS DE CULTIVO

### a) CONTROL DE MALEZAS

La frecuencia y la severidad de ataque de las plagas en las localidades estudiadas, se ven fuertemente influenciadas y en algún grado determinadas por la condición en que se encuentren las malezas dentro de las plantaciones. Al disminuir la calidad y frecuencia del control de las mismas, aumenta consecuentemente el número de casos en donde las plagas afectan de manera moderada o muy fuerte al cultivo.

En el Cuadro 9 se muestra como el promedio de ataque se incrementó linealmente pasando del 31,5% en el caso de las Fincas donde el Control de las Malezas fue considerado Eficiente, al 37,0% cuando fue Regular y al 46,0% cuando fue calificado como Deficiente (Malo). Esta tendencia se debe al significativo incremento mostrado en la severidad del ataque del Barrenador Común del Tallo, las Ratas y el Salivazo, las cuales proliferan cuando se presentan y estimulan éstas condiciones favorables para su desarrollo. Con respecto a las restantes plagas, únicamente el Barrenador Gigante y las Taltuzas mostraron un comportamiento totalmente opuesto al mencionado.

Otra característica que quedó plasmada en el estudio y que requiere para su correcta interpretación, analizarse y dimensionarse en una forma global, es que al ir desmejorándose la calidad del Control de las Malezas

realizado en las plantaciones, no se incrementó la frecuencia de casos de presencia de plagas. El Cuadro 9 demuestra que cuando se realizó un Buen Control de las Malezas en la plantación, se reportaron 54 casos de los cuales 17 (31,5%) mantuvieron un Nivel de Daño estimado como Importante; mientras que cuando el Control fue Calificado como Regular o Malo, hubo 50 casos en cada uno de ellos, para un impacto de Daño del 37% y el 46%, respectivamente. Varios factores pudieron provocar esta irregularidad, entre estos pueden nombrarse: la Época del Año, las Condiciones del Clima y su ingerencia sobre la Biología de las Plagas y, también, la Aplicación de Productos Defensivos, ya sean Etológicos, Biológicos o Sintéticos.

## b) FERTILIZACIÓN

Se concluye en relación a este importante Factor de la Producción, que existen en la Región una serie de elementos y circunstancias externas que inciden directamente y de manera importante en la correcta realización de esta práctica por parte del agricultor, como son entre otras: la Baja Rentabilidad Final del Cultivo; las Condiciones Climáticas Desfavorables Prevalcientes (Amplitud e Intensidad del Régimen de Lluvias); la Falta de Financiamiento en Condiciones Favorables; la Falta de Interés del Productor por la Actividad; los Bajos Niveles de Productividad Agroindustrial; las Limitantes de Maduración Natural de la Caña en el lugar; así como otras razones inductoras de dicho comportamiento.

CUADRO 9

RELACIÓN ENTRE LA CALIDAD DEL CONTROL DE MALEZAS Y LA PROLIFERACIÓN DE DAÑOS OCASIONADOS POR PLAGAS DE LA CAÑA DE AZÚCAR REGIÓN NORTE. AGOSTO DEL 2004.

PLAGA	INCIDENCIA SEGÚN CALIDAD DE CONTROL DE MALEZAS								
	BUENO			REGULAR			MALO		
	N° CASOS	N° CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%	N° CASOS	N° CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%	N° CASOS	N° CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%
Castnia	2	1	50,0	5	0	0,0	1	0	0,0
Chicharra	8	1	12,5	18	3	16,7	4	0	0,0
Cigarrita	9	3	33,3	21	2	9,5	5	0	0,0
Diatraea	13	4	30,8	27	12	44,4	11	5	45,5
Metamasius	2	1	50,0	9	3	33,3	1	0	0,0
Ratas	5	1	20,0	19	11	57,9	14	8	57,1
Salivazo	13	5	38,5	34	19	55,9	13	10	76,9
Taltuza	2	1	50,0	2	0	0,0	1	0	0,0
TOTAL	54	17	31,5	135	50	37,0	50	23	46,0

CUADRO 10

IMPORTANCIA RELATIVA DE LA FERTILIZACIÓN SEGÚN DISTRITO. REGIÓN NORTE. AGOSTO DEL 2004.

DISTRITO	BUENA	%	REGULAR	%	MALA	%	TOTAL DE CONSULTAS POR DISTRITO	% RESPECTO AL TOTAL DE CONSULTAS
Ciudad Quesada	14	50,0	11	39,3	3	10,7	28	12,7
Cutris	28	49,1	25	43,9	4	7,0	57	25,8
El Amparo	4	66,7	0	0,0	2	33,3	6	2,7
Florencia	15	30,0	22	44,0	13	26,0	50	22,6
La Palmera	4	13,8	12	41,4	13	44,8	29	13,1
Pocosol	0	0,0	37	72,5	14	27,5	51	23,1
TOTAL	65	29,4	107	48,4	49	22,2	221	100,0

El Cuadro 10 demuestra que en términos generales el Programa de Fertilización aplicado en las plantaciones comerciales de Caña de Azúcar del lugar fue Deficiente, mostrando que únicamente el 29,4% de las Fincas consultadas fue Buena de acuerdo con las necesidades del cultivo y las limitantes edáficas del lugar; el 48,4% la realizó por su parte de forma Regular y el 22,2% las efectuó de una manera Deficiente o del todo No la realizó. Se infiere de esos resultados, que 70,6% de las Unidades Productivas muestreadas fertilizó sus plantaciones en forma Deficiente (de Regular a Baja). La Nutrición de las plantaciones es en términos generales deficiente.

Con respecto a la relación encontrada entre la Calidad de la Fertilización y la Frecuencia en la Presencia de las Plagas, se observó que en términos generales hubo un incremento de las mismas conforme el Nivel de Fertilización se hizo más Deficiente, iniciando en 65 reportes para una Buena Fertilización y finalizando en 80 reportes para el caso donde No se Fertilizó o esta práctica fue Deficiente (Cuadro 11).

El número de reportes de plagas bajo un régimen de Regular Fertilización fue de 107, lo que sugiere que pueden existir factores múltiples que influyen en la presencia de las Plagas. Interpretando esos resultados, no queda muy definida la influencia directa de la Fertilización sobre la Incidencia de las Plagas, como lo revela la condición de Mala Fertilización, en la cual la cantidad de Fincas con Daño por Plagas (31,3%) fue apenas ligeramente inferior respecto a cuando se Fertilizó correctamente (32,3%). Pareciera que hay en esta relación intervención de otras variables como: Fertilidad Natural

del Suelo, Número de Cosechas Realizadas, Manejo de las Plantaciones, Variedad Cultivada y Calidad de la Semilla Empleada en la Siembra, Condiciones Climáticas del Lugar, etc.

### c) DESAPORCA

A pesar de las recomendaciones que se dan permanentemente a los productores de Caña de Azúcar respecto a las grandes y reconocidas ventajas que ofrece la práctica de la Desaporca en los Ciclos de Retoño (Socas) del Cultivo, se encontró que sólo el 5.2% de ellos realizaban esta labor. El argumento que es común encontrar actualmente en la mayoría de los casos, fue la Condición Limitante del Clima que no permitió realizarla oportuna y eficientemente. A pesar de ello, en las Fincas donde se efectuó esta labor solamente se dieron 23 reportes de presencia de plagas, sin llegar a valores extremos. El 82,6% de los casos reportados fueron calificados como Leves y Moderados.

### d) APORCA

De las Prácticas de Labranza de Suelo mencionadas por los productores de caña consultados, pareciera que ésta es la más empleada aunque sólo la efectúan 37 agricultores (38,5%). En la Región Norte, prácticamente la totalidad de productores la hacen mecánicamente debido al alto costo que implica la mano de obra y la amplia extensión de las plantaciones. Se deduce que en casi el 90% de los casos los niveles de afección por plagas

CUADRO 11

RELACIÓN ENTRE LA CALIDAD DE LA FERTILIZACIÓN Y LA FRECUENCIA Y SEVERIDAD DE LOS DAÑOS OCASIONADOS POR PLAGAS DE LA CAÑA DE AZÚCAR. REGIÓN NORTE. AGOSTO DEL 2004.

PLAGA	INCIDENCIA SEGÚN CALIDAD DE FERTILIZACIÓN								
	BUENO			REGULAR			MALO		
	Nº CASOS	Nº CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%	Nº CASOS	Nº CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%	Nº CASOS	Nº CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%
Castnia	2	1	50,0	5	0	0,0	2	0	0,0
Chicharra	11	1	9,1	11	2	18,2	10	1	10,0
Cigarrita	9	2	22,2	17	4	23,5	12	0	0,0
Diatraea	14	2	14,3	23	10	43,5	17	8	47,1
Metamasius	5	3	60,0	5	1	20,0	2	0	0,0
Ratas	8	2	25,0	15	11	73,3	17	7	41,2
Salivazo	14	9	64,3	28	17	60,7	20	9	45,0
Taltuza	2	1	50,0	3	1	33,3	0	0	0,0
TOTAL	65	21	32,3	107	46	43,0	80	25	31,3

fueron Leves o Moderados. Las plagas de mayor predominancia fueron el Barrenador Común y el Salivazo. Es conocido que esta práctica va directamente asociada con la de la Desaporca.

## 5) COSECHA

### a) USO DE MADURANTES

Esta variable tiene en realidad una aparente poca relación con la problemática de las plagas; sin embargo, se considera importante evaluarla y considerarla pues revela el grado de Desarrollo Tecnológico de la Agroindustria Azucarera en la Región Norte. Podría de cualquier forma surgir alguna vinculación futura por lo que sus resultados son interesantes.

Se encontró que en 7 fincas de 6 localidades se aplicó Madurante Químico (Glifosato) por la vía aérea (helicóptero) para Cosechar la Materia Prima durante la Zafra 2002-2003, lo que representa un 7,3% del total de fincas valoradas por el estudio. Esta práctica se realizó en las localidades del distrito de Pocosol.

De acuerdo con las evaluaciones de daño provocado por las plagas realizadas en las plantaciones de caña donde se aplicó madurante, fue en realidad poco el impacto detectado en el campo, pues sólo en tres casos (16,7%) se verificó efectos graves calificados como Alto y Muy Alto, los cuales fueron causados específicamente por el Salivazo.

### b) QUEMA

Al analizar la importancia que tiene la ejecución de la práctica de Quemar las plantaciones con el objeto de facilitar y hacer más eficiente, barata y ágil la Cosecha de la Caña de Azúcar en la zona consultada, se encontró que únicamente en 22 (21,9%) ocasiones se afirmó haber utilizado esta práctica durante la Zafra 2003-2004 lo que resulta muy satisfactorio; por el contrario, se demostró que la Cosecha en Verde (Sin Quemar) y Manual representa el Método de Cosecha Más Utilizado, ya que en 76 consultas (78,1%) se afirmó por parte de los agricultores no haber Quemado la Caña para su Cosecha. Esta situación pudo derivarse, tal y como lo indicaron algunos de los entrevistados, por motivos Climáticos, pues las lluvias se mantuvieron presentes durante gran parte del periodo de Zafra.

Por otra parte, al comparar el número de casos que reportó la presencia de las plagas sin importar su Grado de Afección con respecto a esta variable, se observa (Cuadro 12) que las plagas se presentan más frecuentemente cuando no se quema (182 casos) que cuando se quema (72 casos). Por el contrario, salvo en el caso particular del Salivazo, no fue evidente ninguna relación entre el Sistema de Cosecha y el porcentaje respectivo de casos en los que alguna de las plagas fue observada afectando significativamente al cultivo.

Los resultados mostraron que únicamente en el 22,2% del total de las Fincas en donde se quemó las

CUADRO12

RELACIÓN ENTRE EJECUCIÓN DE LA QUEMA Y LA PROLIFERACIÓN DE DAÑOS CAUSADOS POR PLAGAS EN LA CAÑA DE AZÚCAR. REGIÓN NORTE. AGOSTO DEL 2004

PLAGA	INCIDENCIA SEGÚN PRÁCTICA					
	QUEMA			NO QUEMA		
	Nº CASOS	Nº CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%	Nº CASOS	Nº CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%
Castnia	3	0	0,0	8	1	12,5
Chicharra	10	1	10,0	22	4	18,2
Cigarrita	13	0	0,0	25	1	4,0
Diatraea	13	3	23,1	41	3	7,3
Metamasius	4	0	0,0	8	4	50,0
Ratas	12	5	41,7	28	7	25,0
Salivazo	16	7	43,8	46	25	54,3
Taltuza	1	0	0,0	4	1	25,0
TOTAL	72	16	22,2	182	46	25,3

plantaciones para su Cosecha hubo problemas con Plagas; mientras que en las fincas donde no se quemó, únicamente el 25,3% de los casos se observó en la misma situación (Cuadro 12).

En términos generales puede afirmarse con base en los resultados obtenidos, que la práctica de quemar las plantaciones de Caña para su Cosecha, pudo haber incidido favorablemente en evitar la presencia y la diseminación de las plagas a una mayor cantidad de localidades y Fincas; lo cual sin embargo, no pareciera haber afectado o incidido sobre el Grado de Severidad de los ataques, por lo que deben en principio de existir otros factores adicionales que podrían estar directamente relacionados en ese sentido.

### c) REQUEMA

La Quema de los Residuos Vegetales Poscosecha en el suelo mejor conocida como Requema, es una práctica que durante la Zafra 2003-2004 no fue realizada de forma extensiva en la Región; por el contrario, se realizó únicamente en 19 de las 96 Fincas visitadas, lo que correspondió apenas al 19,8% del total. Por el contrario, la No Ejecución de la Requema, figuró en 77 de las Fincas, lo que representó el 80,2% del total. Los principales factores que influyen de manera determinante en esta práctica son el Ambiental, el Cultural, el Legal y el Climático.

La Requema pareciera en principio reducir significativamente la frecuencia de aparición de las plagas en el campo; no obstante, no pareciera estar vinculada con

el Grado o Severidad del Ataque. El Cuadro 13 muestra que en las Fincas donde se dio la Requema de restos vegetales, el número de casos en los que se observó algún Grado de Daño ascendió a 77, mientras aquellas donde no se Requemo, se reportaron 175 casos en los cuales se encontró plagas o detectó sus consecuencias. Por otro lado, como se explicó, en los sitios Requemados, a pesar de que se encontró un número menor de casos reportados, el porcentaje de ellos que mostró un índice importante de Daño fue del 36,4%; contrariamente, en las Fincas donde no se Requemo, este porcentaje disminuyó al 30,9% lo que es muy sugestivo y significativo.

Se observó que el Salivazo al ser una Plaga altamente dependiente de la "paja", mostró mayores índices de ataque en las Fincas no Requemadas respecto a donde si se realizó la práctica; esta situación no es concordante con la Biología de las Ratas y del Barrenador Común del Tallo, lo que hace pensar en que deben existir posiblemente otros factores alternos y complementarios involucrados.

### d) REMANGA

La práctica de Alinear, Acordonar o Apartar los Residuos Vegetales de la Cosecha hacia el Entresurco mejor conocida como Remanga, es una tarea poco practicada en la zona muestreada como lo revelan los resultados del estudio, ya que únicamente en 13 de los casos (13,5%), se reportó haberla implementado. Por el contrario, 83 personas entrevistadas (86,5%) afirmaron no haber

CUADRO 13

RELACIÓN ENTRE LA PRÁCTICA DE LA REQUEMA Y LA PROLIFERACIÓN DE DAÑOS OCASIONADOS POR PLAGAS EN LA CAÑA DE AZÚCAR. REGIÓN NORTE. AGOSTO DEL 2004

PLAGA	INCIDENCIA SEGÚN PRÁCTICA					
	REQUEMA			NO REQUEMA		
	Nº CASOS	Nº CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%	Nº CASOS	Nº CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%
Castnia	5	1	20,0	4	0	0,0
Chicharra	12	4	33,3	20	1	5,0
Cigarrita	13	2	15,4	25	4	16,0
Diatraea	13	6	46,2	41	14	34,1
Metamasius	5	3	60,0	7	1	14,3
Ratas	10	7	70,0	30	9	30,0
Salivazo	17	4	23,5	45	24	53,3
Taltuza	2	1	50,0	3	1	33,3
TOTAL	77	28	36,4	175	54	30,9

CUADRO 14

RELACIÓN ENTRE LA PRÁCTICA DE LA REMANGA Y LA PROLIFERACIÓN DE DAÑOS OCASIONADOS POR PLAGAS DE LA CAÑA DE AZÚCAR. REGIÓN NORTE. AGOSTO DEL 2004.

PLAGA	INCIDENCIA SEGÚN PRÁCTICA					
	REMANGA			NO REMANGA		
	N° CASOS	N° CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%	N° CASOS	N° CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%
Castnia	3	1	33,3	6	0	0,0
Chicharra	5	0	0,0	27	5	18,5
Cigarrita	7	1	14,3	31	5	16,1
Diatraea	9	2	22,2	45	18	40,0
Metamasius	5	3	60,0	7	1	14,3
Ratas	7	2	28,6	33	18	54,5
Salivazo	12	3	25,0	50	32	64,0
Taltuza	4	2	50,0	1	0	0,0
TOTAL	52	14	26,9	200	79	39,5

realizado esta práctica. Esto se debió principalmente a la Baja Rentabilidad del Cultivo como consecuencia de los Bajos Precios de Liquidación del Azúcar en Régimen de Cuota; así como al alto porcentaje de la caña entregada en Condición de Extracuota.

En cuanto a los reportes de plagas según la ejecución o no de la Remanga, quedó claramente demostrado que en las Fincas en donde se utilizó, la presencia de Insectos o Vertebrados Plaga fue significativamente inferior a aquellas en donde no se efectuó. Sobre esto, es bien conocido que la mayoría de los Insectos encuentran nichos y hábitad muy apropiados en los restos de la Cosecha, tal como ocurre con los Barrenadores del Tallo, las Ratas y el Salivazo. Por el contrario, las Chicharras, la Cigarrita Antillana, el Picudo y las Taltuzas, no parecieran verse beneficiadas por este factor.

El Cuadro 14 muestra que cuando se realizó la Remanga, únicamente en 52 casos se encontró algún organismo plaga; por el contrario, en donde no se Remangó, el número de casos alcanzó los 200 lo que es contundente. De manera similar, se encontró que el número de casos con reporte de Daños Moderados a Muy Fuertes provocados por plagas, fue significativamente mayor donde No se Remangó (79 casos para un 39,5%) que donde Sí se Remangó (14 casos para un 26,9%).

#### e) CAÑA SIN COSECHAR

Debido a las condiciones difíciles y poco convenientes del clima de la Región para la Cosecha normal de las plantaciones cañeras, tal como se ha hecho referencia

con anterioridad, y debido también a la Baja Rentabilidad del Cultivo, algunos productores dejaron por ello áreas importantes de Caña Sin Cosechar al finalizar la Zafra 2002-2003.

Se estimó como lo revela la información contenida en el Cuadro 15, que se dejó de Cosechar un área de aproximadamente 134,3 has cuya proyección de producción fue de 6.715 toneladas de caña; esto porque los rendimientos agrícolas en esas áreas se consideraron en promedio bajos (apenas 50 TM/ha). En el 37,5% de las Fincas consultadas se indicó que quedó Caña en Pie sin cosechar; el área comprendía Lotes de diverso tamaño

CUADRO 15

PRESENCIA DE PLAGAS EN FINCAS DONDE QUEDO CAÑA EN PIE SIN COSECHAR. REGION NORTE. AGOSTO DEL 2004.

PLAGA	TOTAL DE CASOS	CASOS CON DAÑO IMPORTANTE	%
Castnia	3	0	0,0
Chicharra	14	2	14,3
Cigarrita	13	1	7,7
Diatraea	20	2	10,0
Metamasius	5	0	0,0
Ratas	22	5	22,7
Salivazo	26	7	26,9
Taltuza	3	1	33,3
TOTAL	106	18	17,0

que iban desde 0,25 hasta 35 has. En el distrito de Pocosol quedó por ejemplo sin cosechar el 64% del área sembrada con caña reportada, siendo las localidades de Buenos Aires y Santa María las más afectadas en dicho caso. Las plagas que se reportaron con mayor frecuencia de aparición en las Fincas donde quedo Caña Sin Cosechar fueron el Salivazo (26), las Ratras (22) y el Barrenador Común (20) como se muestra en el Cuadro 15.

## 6) OTROS FACTORES

### a) **SUBSOLADO**

Se reconoce y tiene suficiente evidencia práctica del efecto estimulante favorable que provoca el Subsolar el Suelo, sobre la Renovación del Sistema Radicular Lateral del cultivo, además de la importante Reducción de la Compactación y el consecuente mejoramiento de la Aireación y Capacidad de Drenaje del suelo. Se ha demostrado por otra parte, que el Subsulado induce un efecto negativo sobre la presencia de plagas en el suelo en Niveles problemáticos.

La eficiencia y efecto favorable de esta saludable práctica agrícola depende en alto grado de la condición de varios factores vinculados, entre los que pueden incluirse el Contenido de Humedad del Suelo, de forma tal que permita la Tracción y Laboreo adecuado de la Máquina así como la Penetración y efecto de Ruptura prevista del Implemento (Picos) en el suelo. En condiciones de alta precipitación y por tanto de alta humedad en el suelo esta práctica puede no ser todo lo efectiva que se desea. La Zona Norte presenta por ello algunas serias limitantes en ese sentido.

Los resultados indican que 21 productores realizaron esta labor en sus plantaciones. Se determinó que las plagas que aparecieron con mayor frecuencia fueron el Barrenador Común del Tallo y el Salivazo, seguidos de la Chicharra y la Cigarrita Antillana. En algunos casos esta práctica se realizó específicamente con el fin de afectar al Salivazo y a la Chicharra. En el 88,2% de los casos evaluados, la presencia y los daños causados por las plagas fueron Leves o Moderados; sólo en dos casos (2,6%) se presentaron valores extremos de presencia de Salivazo y Chicharra.

### b) **DRENAJE**

La Topografía o Relieve predominantemente Ondulado de la Región permite un Drenaje adecuado en la mayoría de las plantaciones de Caña de Azúcar, a pesar del alto régimen de precipitación existente. En las Fincas de productores el Relieve es por lo general de Ondulación Suave, lo que permite una rápida evacuación del agua de lluvia o de escorrentía.

En muy pocos casos pudo determinarse pese a las fuertes lluvias de la época en que se realizó el Diagnóstico, la presencia de "Encharcamiento" en los lotes comerciales de caña. Únicamente en 7 Unidades Productivas para un 7,8% se indicó que la condición de los Drenajes era Deficiente en áreas localizadas de la Finca. No se encontró una relación clara y directa entre la Condición de los Drenajes y la presencia de plagas en grados problemáticos.

### c) **RENOVACION DE PLANTACIONES**

En cuanto a los resultados referentes a la información sobre el Grado de Renovación de las plantaciones comerciales de Caña de Azúcar de la Región, ubicados por distrito, la cual se basó en la respuesta de 89 productores consultados.

Se encontró en este caso que los Ciclos de Renovación que utilizan la mayoría de los productores son iguales o superiores a cinco años. En el 46,1% de los casos la renovación se realiza cada 5 años, el 37,1% de los productores renuevan sus plantaciones en periodos de más de cinco años, mientras el 14,6% y el 2,2% realizan esta práctica a los cuatro y tres años, respectivamente. De acuerdo con esa información se tiene que el 62,9% de las plantaciones son Renovadas en Ciclos inferiores o iguales a cinco años.

No se encontró relación directa entre los periodos de Renovación de Plantaciones y la Incidencia o Severidad de Ataque por plagas, aunque en los casos particulares de Ataques Severos ocasionados por la Chicharra, los productores se vieron obligados a Renovar los lotes afectados, no sólo por la significativa disminución de los Rendimientos de producción, sino también por la reducción de la Vida Útil de la Plantación. Esta acción fue concebida también como una efectiva Estrategia de Control del estadio de ninfa de la plaga presente en el suelo.

### d) **EQUIPO AGRICOLA**

Un aspecto importante valorado en el Diagnóstico fue la Disponibilidad de Equipo Agrícola en las Fincas de los productores consultados. Esta consulta fue orientada a conocer principalmente la disponibilidad que se tenía de Equipo "menor" como "Bombas de Fumigación", puesto que las mismas son utilizadas en aplicaciones de productos convencionales como Herbicidas e Insecticidas, aunque también podrían serlo en forma alternativa para los Hongos Entomopatógenos, obviamente acondicionadas para ello. Las Bombas Manuales (de Espalda) las disponen según el resultado de la encuesta el 69,8% de los productores, mientras que las Motobombas (de Motor) están disponibles en el 47,9% de las Fincas consultadas.

Para realizar algunas Prácticas de Labranza del Suelo como son la Arada, Rastrea, Aporca y Subsulado, la mayoría de los productores Alquilan el Equipo o Contratan a terceros la realización de la Obra. El 43,8 % de los productores posee Arado, el 40,6% dispone de Rastra, el 30,2% de Aporcador y el 28,1% cuenta con su propio Subsolador. Muy pocos productores poseen equipo propio Diseñado y con Capacidad para Transportar Agua, Mezclas de Plaguicidas o de Productos Biológicos al lugar de la aplicación, lo que resulta preocupante pues es una limitante importante que dificulta y encarece la labor.

La limitada disponibilidad de equipo es por tanto una importante limitante para la Región y muchos productores, principalmente si se consideran las dificultades de clima del lugar, los problemas que genera para algunos productores la Programación de la Zafra (Cosecha Calendarizada); así como también el alto porcentaje de Azúcar en Régimen de Extracuota que tiene actualmente la mayoría de agricultores de la región y que hacen poco Rentable la Actividad productiva. Todos estos aspectos inciden directamente y de forma determinante sobre la capacidad de realizar con la frecuencia, la calidad debida y en el momento oportuno las labores agrícolas necesarias para una agroindustria competitiva y rentable.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones que pueden derivarse a partir de los resultados del Diagnóstico de Campo realizado en la Región Norte, son las siguientes:

1. En la Región se encontraron diferentes formas biológicas y evidencias de daño producidos por un amplio y diverso componente de Insectos, todos ellos reconocidos por su capacidad de ocasionar perjuicios económicos al cultivo de la Caña de Azúcar, cuando se encuentran bajo condiciones agroclimáticas y de manejo favorables. Los Insectos identificados de acuerdo con su nombre vulgar y su Clasificación Taxonómica (Género y Especie), fueron los siguientes: el "Salivazo" o "Baba de Culebra" (*Aeneolamia* spp.; *Prosapia* spp.), la "Chicharra" (*Pacarina* sp.), el "Barrenador Común del Tallo" (*Diatraea* spp.), el "Picudo de la Caña" (*Metamasius hemipterus*), la "Cigarrita Antillana" (*Saccharosydne saccharivora*), el "Barrenador Gigante del Tallo" (*Castnia licus*); además, fue posible observar también daños producidos por Roedores como las Ratas y las Taltuzas.
2. En la mayoría de los casos, los niveles de población y de daño ocasionados por estos Insectos y Roedores, fueron calificados como de Grado LEVE, y por ende, sin posibilidad al momento de su observación, de producir pérdidas importantes en los niveles de productividad agroindustrial del cultivo.
3. De manera esporádica y circunstancial, en algunas localidades productoras de caña, Insectos como el Salivazo y la Chicharra mostraron Altos Índices Poblacionales y Niveles de Daño considerados dentro del Rango de MODERADO Y ALTO, en cuyo caso sí podrían ocasionar un decrecimiento significativo e importante en la Productividad Agroindustrial del cultivo.
4. Otras plagas como es el caso de los Barrenadores del Tallo, la Cigarrita Antillana y el Picudo de la Caña no fueron encontradas en grados poblacionales y de afección que calificaran como una problemática importante; no por ello, se deben desestimar los efectos que podrían ocasionar ante eventuales cambios en el entorno, el cultivo, su manejo y las condiciones del clima.
5. Las áreas con problemas importantes de plagas pertenecen a localidades de la Sección Norte de la Región, caracterizada por poseer plantaciones de caña establecidas en altitudes por debajo de los 100 msnm que muestran limitaciones de Drenaje; además, en estas localidades se siembra de forma predominante la Variedad conocida como "Saboriana", la cual presenta una Baja Tolerancia al Ataque del Salivazo.
6. En las localidades de Bella Vista, Boca de Arenal, La Cajeta, San Jorge (Cutris), Buenos Aires, El Estero, La Luisa, San Diego, San Gerardo y Santa Cecilia (Pocosol), predominan los problemas con el Salivazo, siendo sin embargo en pocas fincas donde el mismo se reporta con Niveles Altos. Sobresalen los casos en donde la ejecución de las Labores habituales de Manejo del Cultivo una vez finalizada la zafra no fueron ejecutadas como correspondía.
7. En la localidad de Corazón de Jesús se encuentran los principales problemas ocasionados por la Chicharra; sin embargo, posturas y mudas de las mismas fueron observadas también en otras localidades como Buenos Aires (Pocosol), San Juan, San Rafael y Platanar (Florencia). Posterior al momento en que se realizó el presente estudio, se reportó un brote importante de Chicharras en la finca Mayjú (Cutris).
8. Se encontró una Relación Directa entre la Intensidad y Calidad de Manejo Agronómico proporcionado a la plantación, con la presencia y severidad

de ataque de las plagas. Un ejemplo de la Relación Manejo – Plaga fue observado repetidamente en Fincas con un deficiente Control de Malezas, donde plagas como el Salivazo y las Ratas encuentran un hábitat ideal para su reproducción y desarrollo.

9. Un grupo significativo de productores de caña que mostraron en sus Fincas niveles importantes de plagas y de daño provocado por éstas, adujeron que la principal razón por la cual no implementaron de manera eficiente y oportuna el Paquete Tecnológico de Manejo del Cultivo y de Control de Plagas disponible en la Región, fue el Factor Económico, en donde el bajo precio pagado por el Azúcar en Régimen de EXTRACUOTA, los altos costos de producción vigentes, la falta de condiciones u oferta para acceder en condiciones favorecidas al CRÉDITO para la compra de insumos y el hecho de haber dejado CAÑA EN PIE (sin cortar), fueron mencionados como las principales razones. Debe agregarse además, el desinterés de algunos productores por invertir y atender convenientemente sus plantaciones.
10. Otro grupo importante de productores que padecieron la misma Condición Entomológica, mencionó que la “desatención” del cultivo, se debió en su caso a que no se ha dispuesto de un periodo de tiempo seco sin lluvia (verano), que les permita preparar el suelo (arada, rastrea, surcada) para hacer renovaciones, para prevenir o en su caso controlar las plagas (desaporca, aporca, subsolado, etc.); además, esta situación retardó e incluso obstaculizó la aplicación de los herbicidas y fertilizantes correspondientes. Está ampliamente documentado que el régimen de precipitación por sí mismo, está ligado íntimamente al desarrollo de algunas plagas y malezas, favoreciéndolas en algunos casos y desfavoreciéndolas en otros.
11. Es importante mencionar, que el agricultor expresa conocer y tener plena conciencia de la existencia de un Paquete Tecnológico adecuado para el Cultivo; así como de Estrategias efectivas y validadas para realizar el Control de Plagas en la Región, pese a lo cual no las utiliza y aplica. Las causas y motivos justificantes para ello, son atribuibles a las razones mencionadas en los dos puntos anteriores.
12. Se encontró que la mayoría de productores de la Región no acostumbra realizar Monitoreos Sistemáticos en sus Plantaciones de Caña hasta tanto no sea visible o perceptible algún problema, lo cual en muchas ocasiones, lleva a la utilización de Productos

Químicos a gran escala, buscando obtener un control eficiente y perdurable por “Efecto de Choque”, generando con ello más bien un gasto económico adicional.

13. A pesar de existir presuntamente limitaciones económicas como se aduce, la compra y el uso de Defensivos Químicos (Insecticidas) a un alto costo por hectárea, parece ser una práctica que se ha estado incrementando en la Región; esto quizás como resultado de la imposibilidad de implementar otras estrategias de control alternativas, búsqueda de mayor facilidad, la manifestación de altas poblaciones y de daño significativos por plagas y, también, por la influencia ejercida por las Casas Comerciales.
14. Se determinó que algunos productores de la Región no entregaron a los Ingenios la totalidad de la caña para su procesamiento, debido a que no se cumplió con la Programación establecida antes de la Zafra. La mayoría de las veces esto aconteció por causa de las difíciles condiciones de clima que prevalecieron durante el periodo de Cosecha en la Zona. Esto ha influido en un incremento en la incidencia de Ratas.
15. En la mayoría de las Fincas donde se siembra la Variedad B 76-259 y se tiene un Manejo Agronómico deficiente, se observó una Alta Infección de Tallos con “Látigos” ocasionada por el Carbón de la Caña de Azúcar (*Ustilago scitaminea*), llegando a provocar un marcado deterioro de la plantación y una disminución de la Vida Útil del Cañal. Caso similar se refleja en algunas áreas sembradas con la Variedad CP 57-603.

En resumen, se puede señalar que el estado de las plagas observado al momento de realizar el Diagnóstico, se consideró en promedio Leve y únicamente alcanzó el grado de Moderado o Fuerte en algunas localidades y lotes aislados, en las cuales esta situación fue promovida por el deterioro o la desatención manifiesta de las plantaciones.

Esta desatención según mencionaron los entrevistados en las localidades más afectadas, se debió a diferentes factores, dentro de los cuales la baja rentabilidad del cultivo provocada por el precio del azúcar pagado en Régimen de Extracuota, los altos costos de producción, la dificultad de acceder al crédito en condiciones favorables para la compra de insumos y, la imposibilidad para realizar muchas de las labores agrícolas recomendadas en el cultivo (prevención y control de plagas) por causa de condiciones climáticas desfavorables.

## SALIVAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LATINOAMÉRICA Y CARIBE

Artur F. Mendonça<sup>1</sup> QdDg, Silverio Flores<sup>2</sup>, Carlos E. Saenz<sup>3</sup>

1- BIOTECH Controle Biológico Ltda.- Maceió-al, Brasil.

2- Consultor Técnico, Ex – Director del Instituto para el

3- Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA), México, D.F. TEL. 5308680.

4- Dirección de Investigación e Extensión de la Caña de Azúcar (LAICA-DIECA), Costa Rica.

e-mail:saenzsam@racsa.co.cr TEL. 2846066

### RESUMEN

El salivazo de la caña de azúcar (**Homóptera: Cercopidae**), es una plaga de gran importancia económica para toda a Latinoamérica y Caribe, reuniendo las especies que ocurren en esas regiones, en cinco géneros principales: **Aeneolamia, Deois, Mahanarva, Prosapia y Zulia**. Las especies de **Aeneolamia** se presentan con amplia distribución por todo el continente, desde México hasta Argentina; las de **Mahanarva** se distinguen como las de mayor importancia económica para los cañales de Brasil y Ecuador; las demás especies, son de menor importancia económica, con ocurrencias puntuales solamente en algunos países, por ejemplo del género **Prosapia**, en Costa Rica y México. Las ninfas de salivazo, siempre se desarrollan próximo a los locales donde son depositados sus huevos. Así, son conocidas como “salivazos de raíz”, “salivazos de cogollo” y “salivazos de las hojas”. Todas las especies depositan huevos normales y diapúsicos. Al alimentarse, los adultos de todas las especies inyectan toxinas en las hojas causando grandes perjuicios. Las ninfas del salivazo de la raíz causan serios daños a las raíces en el acto de succión, sin, introducir toxinas.

**Palabras claves:** Aeneolamia, Deois, Manaharva, Prosapia, Zulia.

### INTRODUCCIÓN

La familia Cercopidae (Orden Homóptera), envuelve todos los géneros de salivazos de la caña de azúcar y de pastos originadas y que evolucionarían en la región zoogeográfica Neotropical, comprendiendo desde México en América del Norte, América Central, Islas de Caribe hasta América del Sur y tiene como plantas hospederas, exclusivamente gramíneas y algunas ciperáceas.

**Clasificación taxonómica de los principales géneros** (FENNAH, 1968; Peck, 2001a; Gallo et al; 2002)

**ORDEN:** Hemiptera

**SUBORDEN:** Auchenorrhincha

**SUPERFAMILIA:** Cercopoidea

**FAMILIA:** Cercopidae

**SUBFAMILIA:** Tomaspinae

**TRIBU:** Tomaspidini

**GENEROS:**

**Aeneolamia**

**Deois**

**Mahanarva**

**Prosapia**

**Zulia**

Fewkes (1969) reunió once géneros, envolviendo las principales especies de salivazos que ocurren atacando la caña de azúcar en el nuevo mundo, en tres subfamilias; **Tomaspidini (Tomaspis, Sphenoclypeana), Cercopini (Aeneolamia, Delassor, Deois, Monocphora, Prosapia, Spehenorhina) y Comoscartini (Mahanarva).**

Fennah (1998) agrupó la subfamilia **Tomaspidinae** y tribu **Tomaspidini**, todos los géneros de salivazos de importancia económica para la caña de azúcar y pastos, en las Américas y Caribe, entre ellas, **Aeneolamia, Deois, Mahanarva, Prosapia y Zulia.**

Entre las características de las especies incluidas en la subfamilia **Tomaspidinae**, Peck (2001 a), dice que tratan de especies con ocurrencias en el nuevo mundo que presentan dos espinas laterales en las tibias posteriores mientras que la subfamilia **Cercopinae**, envuelve especies del viejo mundo que normalmente presentan únicamente una espina lateral en las tibias posteriores.

### Nombre Vulgar

Los salivazos de la caña de azúcar reciben diferentes nombres vulgares, de acuerdo a cada país, con el tipo de daño que causan y con la ubicación de las ninfas en la planta. A seguir algunos ejemplos:

**Brasil**-Cigarrinha da raíz, Cigarrinha da folha, Cigarrinha do cartucho (adulto e ninfa);

**Colombia**- Mión (adulto), salivita de los pastos;

**Costa Rica**- Salivazo (ninfa), baba de culebra;

**Cuba**- Salivita;

**Ecuador**- Salivazo (ninfa) salivazo de la hoja;

**Estados Unidos**- Frog hopper (adulto), spittlebug, snake-spit, blight;

**Nicaragua**- Salivita;

**El Salvador**- Mosca pinta o salivita;

**Honduras**- Salivazo;

**Guatemala**- Chinche salivosa (adulto);

**México**- Salivazo (ninfa), mosca pinta (adulto);

**Panamá**- Salivazo;

**Trinidad**- Frog hopper

**Venezuela**- Candelilla (adulto), candelilla de la caña de azúcar, salivazo, cocomeón, espumita de la caña, méon, mión, mión de la caña, juanita, mosquitillo, ranita de la caña.

### Distribución Geográfica

El género **Aeneolamia** puede ser considerado como el mayor en la distribución geográfica en las Américas, ocurriendo desde México hasta América del Norte, hasta Argentina en América del Sur, además de las islas del Caribe (Fewkes 1969, Guagliumi 1962). México, Guatemala, Costa Rica, Panamá, Guayana, Trinidad, Venezuela

se encuentran entre los países con más problemas con esta plaga en caña de azúcar.

Durante muchos años fueron mencionados en México, tres especies de salivazos atacando los cañales: **Aeneolamia postica** (Walk) (con las especies **A.p. campecheana, A.p. santa rosae** y **A.p. occidentales**). **Prosapia simulans** (Walk) (con las subespecies **P.s. mulieris** e **p.s. tapeana**) y **Prosapia bicinta** (Say) (Flores, 1976; 1985; Ries & Flores, 1968). De acuerdo a Flores (1994) con base en Fennah (1953; 1968), las especies y subespecies conocidas anteriormente como **A. postica** fueron clasificadas como **Aeneolamia contigua** (walk) y son las que causan mayores daños en la caña de azúcar en México, siendo **P.bicinta** la más común principalmente en las áreas de pastos en Tabasco y Vera Cruz. Posteriormente Peck (2001 a), cita **A. albofasciata, A. occidentalis** y **P. simulans** como las principales especies en México.

En Venezuela son conocidas cuatro especies de salivazo en caña de azúcar: **Aeneolamia flavilatera** (Urich), **Aeneolamia lepidior** (Fowler), **Aeneolamia varia** (F.) y **Aeneolamia reducta** (Lallemand) siendo **A.varia** la más común, con aproximadamente veinte subespecies y de éstas, **A.v. sontica** la más encontrada en los cañales (Guagliumi, 1972).

**A. lepidior** es la principal especie encontrada en la caña de azúcar en Panamá (Mendonça & Stanziola, 1996). En Costa Rica predomina **A. postica, P.bicinta, P. simulans**, teniendo otras especies, a ejemplo de **Zulia vilior costarricense, Delasor notatus**, como de menor importancia; en Guatemala **A. postica, A. albofasciata, A. varia, P. simulans** y **P. bicinta**; en Trinidad, **Aeneolamia varia Saccharina (Dist.)** y en la Guyana, **A. flavilatera** y **A. varia** (Guagliumi, 1962; Wiedijk, 1982; Peck, 2001 a; Sáenz et al 2002).

Sin ninguna duda, la sistemática de las especies de salivazo de la caña de azúcar y de las gramíneas de Latinoamérica y del Caribe necesita de una urgente revisión objetivando controversias en las citaciones de los diversos investigadores.

Los géneros **Deois** (Argentina y Brasil), **Prosapia** (México, Costa Rica, Cuba y Jamaica) y **Aeneolamia** y **Zulia** (Brasil), se presentan como de menor importancia económica relativa, para la caña de azúcar en Latinoamérica y el Caribe (Fewkes 1969; Guagliumi 1962; 1972-73; Menezes, 1982).

El género **Mahanarva** es el que está mayormente distribuido en la caña de azúcar en América del Sur, con cuatro especies de gran importancia económica:

**Mahanarva fimbriolata** (Stal) ocurre en aproximadamente en 60.000 hectáreas de cañales de la región del Noreste de Brasil y llegando hasta los Estados de Alagoas, Sergipe y Bahía; aproximadamente 20.000 hectáreas en los cañales de Maranhão en la región Norte cerca de Amazonas y más de 800.000 hectáreas en la

región Sudeste, con perspectivas de aumentar su área de distribución, ante nuevas áreas de expansión con la implantación de más de treinta ingenios en el Oeste del Estado de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso del Sur y Paraná; é también reportada como plaga de la caña de azúcar en Bolivia (Araújo Silva et al., 1968; Guagliumi 1972-73; FAO/MINAZ, 1985; Mendonça 1986, 1996 a, 1996 b; 1996 c; 1996 d; Mendonça et al., 1996 b); **Mahanarva póstica** (stal)- Con incidencia generalizada en varias regiones cañeras de Brasil con más importancia económica en el Estado de Pernambuco, Alagoas, Sergipe y Paraíba en la región Noreste; Río de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais y Sur de Bahía, en la región Este y Santa Catarina, en la región Sur con un área de distribución superior a un billón de hectáreas (Guagliumi 1972-73; FAO /MINAZ 1985; Mendonça et al. 1996 a); **Mahanarva andigena** (Jacobi) – Considerada en los últimos años como plaga de importancia económica en aproximadamente 3.000 hectáreas de caña de Azúcar en cañales de Ecuador además de ser señalada también en la costa del Pacífico de Colombia (Peck, 2000; 2000a; 2001 d; Fors, 200; Mendonça, 2000; 2001); **Mahanarva rubicunda**- (=M.r. indentata) (Walker)- Con distribuciones en algunos Estados de Brasil, ocurre como plaga de importancia económica principalmente en cañales del Municipio de Urucânia, en la zona de la Mata del Estado de Minas Gerais, llegando a una área aproximada de 10-20.000 hectáreas.

### Capacidad de Distribución

La principal forma de distribución de los salivazos de la caña de azúcar ha sido a través del transporte de cañas de un área infestada para nuevas áreas de plantío, sin la debida inspección fitosanitaria. Así, el salivazo de la hoja, **M. Posticata** fue introducida en el Estado de Pernambuco en el inicio de la década de 1960, a través de la semilla con las hojas, proveniente de la región cañera de Campos, Estado del Río de Janeiro.

De Pernambuco, fue introducida de la misma forma en el Estado de Alagoas (Guagliumi 1972-73; Mendonça 1996 b) y de ahí al Estado de Sergipe (Mendonça 2002 b). Aún en la región de Campos, fue distribuida para los Estados de Espírito Santo, Minas Gerais y la región cañera del sur de Bahía a través del transporte de la caña sin inspección.

De la misma forma el salivazo de la raíz **M. fimbriolata**, fue llevada al Estado de Sergipe para Alagoas (Risco, 1992; Mendonça, 1995; 1996 b; 1996 c), de ahí se distribuyó para varias regiones siempre a través de la semilla para nuevas plantaciones en ingenios y productores de caña.

En Costa Rica los primeros ataques en Juan Viñas (Cartago) de salivazo de la raíz **Prosapia simulans**,

**Prosapia distante, Delassor notatus** (Sáenz 1984). En Cañas y Filadelfia, Guanacaste y Puntarenas encontramos **Prosapia bicinta, Zulia vilior costarricense y Aeneolamia póstica** (Sáenz 1986).

La distribución del salivazo fue a través del tráfico de vehículos entre los cañales infestados para otros sin infestación, o por la acción de sus propios vuelos ayudados por los fuertes vientos, principalmente en periodos de luna llena cuando son más comunes los vuelos de distribución. En la zona Atlántica, San Carlos, Alajuela la aparición del salivazo fue por motivo de la sustitución de las fincas de ganado las cuales fueron sustituidas por plantaciones de cítricos correspondientes a 5.500 hectáreas donde los ataques en caña de azúcar fueron más severos por las especies **Prosapia bicinta, Aeneolamia póstica, Prosapia simulans y Zulia vilior costarricense** (Sáenz 1987).

### Habitat

Los salivazos son hospederos nativos de pastos silvestres. Desde la introducción de la caña de azúcar en el nuevo mundo cerca del siglo XV, muchos de los salivazos hospederos de gramíneas nativas, se adaptan y pasan a causar daños al nuevo cultivo. Algunas especies de salivazos de pasto, debido a alteraciones climáticas favorables, a ejemplo **Aeneolamia spp.** En Costa Rica (Sáenz, et al., 2002) y **Deois schach** (Fabricius) y **Zulia entreriana** (Berg) en algunas regiones de Brasil, pasan a adaptarse de forma temporaria al cultivo de la caña de azúcar, a ejemplo de lo que ocurrió en el Ingenio Serra Grande, Brasil (Mendonça 2002 a).

Desde 1986, el salivazo **Mahanarva andigena** era considerada plaga sin expresión económica para la caña de Ecuador, motivo por el cual, a partir de 1999, con el paso de un huracán, ocurrió un aumento significativo de su incidencia en el país, pasando a atacar a más de 3000 hectáreas de caña de azúcar. Este cambio de comportamiento de la plaga, puede ser ocasionado por la distribución de algun enemigo natural, que mantiene sus poblaciones en equilibrio (Fors, 2000; Mendoza, 2000; 2001) o hasta la distribución generalizada de huevos de diapausa por los efectos del huracán, por toda la región cañera local.

Los salivazos de la caña de azúcar son vulgarmente conocidos de acuerdo con el lugar donde son depositados sus huevos y donde se desarrollan sus ninfas. En todos esos casos, los adultos chupan las hojas de gramíneas y especialmente, la de la caña de azúcar, así son conocidas vulgarmente, como “salivazos de la raíz, salivazos de la hoja y salivazos del cogollo”:

**Salivazo de la Raíz** - Son aquellos que los adultos depositan sus huevos en el suelo junto a las raíces y sus ninfas se desarrollan en la misma área (**Aeneolamia**

**sp., Mahanarva fimbriolata, Prosapia sp., Deois sp., Zulia.**

**Salivazo de la Hoja-** Son aquellos que depositan sus huevos introducidos alrededor de la hoja cuya ninfa inician su desarrollo en el cogollo de la caña, posteriormente trasladándose para el interior de las bases más bajas de las hojas, donde pasa la mayor parte de su ciclo de vida **Mahanarva posticata** y **M. andigena**).

**Salivazo del Cogollo** - Son aquellos cuyos huevos son introducidos en la nervura central de las hojas, cuando estas todavía están enrolladas en el cogollo y cuyas ninfas realizan todo su desarrollo en el interior del cogollo, sin salir para las bases de la hojas (**Mahanarva rubicunda**).

## BIOLOGÍA

### Etapas del Adulto

Los adultos presentan el aparato bucal del tipo picador – chupador también denominado chupador/labial donde el labio inferior transformado en un tubo, denominado rostro alberga las mandíbulas y maxilar, en número de dos cada, modificadas en estiletes filiformes perforadores. A lo largo del rostro, cuatro estiletes que forman dos aperturas en forma de canales, denominadas canal alimentar y canal salivar.

Generalmente, los adultos presentan longevidad aproximada de diez a veinte días de acuerdo a la especie y a las condiciones climáticas.

Los machos pueden copular varias hembras, en cuanto estas, generalmente copulan solamente una vez. Durante el largo período de la copula los adultos aprovechan para alimentarse, succionando la savia en el área del parénquima foliar de las plantas hospedadas.

### Variación en el Padrón de los Colores de las Alas

En la mayoría de las especies, los machos presentan colores más vistosos que las hembras, pudiendo presentar variaciones específicas en el padrón de colores de las alas, como se puede observar en varias especies de **Aeneolamia** y de **Mahanarva**. Esas variaciones genéticas pueden estar relacionadas con el hábitat en que vive la plaga pudiendo resultar en el reconocimiento de muchas subespecies, a ejemplo **Aeneolamia varia** (F.) principalmente en Venezuela (Guagliumi 1962).

En Brasil, en la región de Amazonas específicamente en el Estado de Tocantins y Maranhão, podemos encontrar simultáneamente, en caña de azúcar, en pastos nativos y cultivados, una enorme variación en el patrón de colores de las alas **Mahanarva fimbriolata** (Stal), desde rojo al negro con diversas variaciones intermedias de manchas negras longitudinales, sugiriendo ser esta, la

región de origen de esta especie (Guagliumi, 1962; Riess & Flores, 1976; Mendonça, 2001; Mendonça, et al; 1996 a ; 1996 c; 2001).

### Comunicación Sonora o de Vibración

Existen algunas evidencias que las hembras vírgenes del salivazo de la raíz de la caña de azúcar **Aeneolamia varia**, liberan feromonas, para atraer a los machos para la cópula (Fewkes y Buxo, 1965). Entretanto estudios más actuales, en desarrollo desde 1998 por el CIAT en Colombia, utilizando especies **Zulia carbonaria** (Lallemand) y **A. varia**, confirman la ocurrencia de comunicación sonora de vibración entre los adultos a través de vibraciones acústicas (Moore 1961; Lopez et al., 2001). Los sonidos son emitidos por la membrana vibratoria y músculos especializados, localizados en el segmento primero del abdomen de los adultos, denominados de "timbal".

A través de esos estudios, utilizándose un cartucho fonográfico acoplado a un programa de la computadora especializado en análisis sonora, fue confirmado que tanto los machos como las hembras emiten diferentes sonidos, pero los machos inician el canto buscando la hembra. Para atraer la hembra para la cópula, los machos realizan cantos característicos. Los **Z. carbonaria** tenían una frecuencia de 317,38 más o menos 23,25 Hz, con duración de 9,5 más o menos 0,59 segundos, estadísticamente diferente al de **A.varia**, que presentó una frecuencia de 435,16 más o menos 0,08 segundos. Quedó también comprobado que al ser detectado el macho emisor, la hembra contestó estableciendo un diálogo, orientando el macho hasta encontrar la hembra e iniciar la cópula. Otros patrones diferentes de cantos no relacionados con la cópula, también fueron detectados.

Este nuevo descubrimiento de la comunicación de vibración entre los cercopidos, vienen a contribuir mucho para el conocimiento del comportamiento reproductivo de las especies del salivazo, como también es una valiosa herramienta para la taxonomía, a través de la definición de patrones de comunicación ayudando en la identificación de las especies, teniendo en vista que los cercopidos presentan solamente cópula intraespecífica.

### Ovoposición

Los cercopidos presentan reproducción por oviparidad, donde las hembras depositan huevos, originando las ninfas. Los huevos son puestos de forma individual, en número variable por postura y pueden ser depositados en el suelo más cercano a las raíces de la planta (salivazo de la raíz) o de forma endofítica, introducidos en los tejidos de las bases de la hojas (salivazo de la hoja) o aún en el centro de la hoja, en el cogollo (salivazo del cogollo).

El salivazo de la raíz hacen la postura de los huevos superficialmente en el suelo, cerca de las raíces concentrados en la surco de la caña, principalmente alrededor de las cepas Pickles 1933; Guagliumi 1972-73; Mendonça et al. 1996 b), pudiendo depositarlos en menor número también en las entre surcos, en la paja, posibilitando la formación de raíces en la superficie del suelo, condicionando un ambiente propicio para la alimentación de las ninfas.

Algunos factores físicos y químicos a el ejemplo de la humedad, sombra, garantía de la alimentación y otros, parecen servir de estímulo para que las hembras hagan sus posturas concentradas entre las cañas.

Muchos autores describieron el número de huevos depositados por varias especies de salivazo en caña de azúcar, entre ellos: **A. varia saccharina**, con fecundidad máxima alrededor de 120 huevos/hembra (Kershaw, 1913) y hasta 294 huevos/hembra (Fewkes, 1963, 1964), durante un periodo de tres a cuatro semanas: **A. flavilatera**, promedio de 96 huevos/hembra (James, 1946); **A. varia**, 150 huevos/hembra (Guagliumi 1962); **M. fimbriolata** 50 a 70 huevos/hembra (Guagliumi 1972-73). En general podemos considerar como entre 50 ma 100, el número promedio de huevos depositados por hembra, para la mayoría de las especies de salivazo que ocurren en la región Neotropical.

Los salivazos de los pastos **Zulia entrerriana**, **Deois flavopicta** y **Deois schach** prefieren depositar los huevos en suelos con alta humedad, baja compactación, con más presencia de residuos vegetales y partículas de suelo de menores tamaños (Hewitt 1985; Carvalho 1985).

Las especies de salivazo de raíz, también presentan esas mismas referencias.

### Etapa de los Huevos

Los huevos cuando depositados, tienen la coloración amarilla en la región dorsal, en la parte anterior, puede ser vista los surcos de eclosión. Cuanto más desarrollada, pueden se observadas por transparencia en la parte posterior, las manchas de pigmento rojo del embrión y en la parte anterior, la ruptura en el Corium donde esta la tapa de eclosión, también denominada opérculo, de dos puntos rojos laterales, correspondientes a los ojos del embrión,

Descripciones de los huevos de las especies de salivazo de la raíz **Aeneolamia varia saccharina**, **A. varia sontica** y **A. flavitera flavitera**, fueron realizadas respectivamente por Kershaw (1914), James (1946) y Guagliumi (1962), pero fue Fewkes en el año 1964, que hicieron estudios más detallados sobre huevos de **Aeneolamia varia saccharina**, verificando que los mismos pasan aproximadamente por diez etapas diferenciadas y posteriormente Wiedijk (1982), que observando los huevos por la parte dorsal /frontal, resumió en cuatro esas etapas.

- E1- huevos recién depositados, coloración amarillenta, con líneas de eclosión en la parte anterior.
- E2- empieza a ser visible la formación del área elíptica de coloración parda donde anteriormente se ubicaba la línea de eclosión.
- E3- Definida la formación del área de ruptura y de la tapa de eclosión, en la parte anterior, con coloración negra.
- E4- Presencia de dos pigmentos abdominales rojos laterales en la parte posterior y dos pigmentos rojos más pequeños, en la parte anterior correspondientes a los ojos del embrión.

Cuando depositados, los huevos pueden ser considerados: normales o no diapáusicos y diapáusicos. Pudiendo aún ser separados en huevos de corta, mediana y de larga diapausa. La diapausa de los huevos ocurre en la etapa S2. Los huevos normales de desarrollan generalmente, durante un periodo entre 15 y 25 días, de acuerdo a las condiciones climáticas ambientales.

La disminución de las lluvias causando deficiencia hídrica en el suelo puede provocar la ocurrencia de la diapausa en los huevos, garantizando así la supervivencia de la especie, en condiciones desfavorables.

Diapausa es un tipo de interrupción, paralización o reposo de una fase activa de desarrollo del huevo, sobre el cual interviene procesos fisiológicos, bioquímicos e endocrinos, íntimamente ligados entre si, y donde depende de las condiciones ambientales externas, para que el insecto pueda dar continuidad a su desarrollo, ocurriendo siempre en una misma etapa, para cada determinada especie (Gallo et al. 1988). Una de las principales características de la diapáusicas, y que el insecto se prepara anticipadamente para ella, antes mismo de que de que ocurran las adversidades climáticas (Mansingh 1971).

Segundo Mansingh (1971), puede se considerar la existencia de varias fases diferentes en la diapausa:

- A. Fase de inducción – En donde el fenómeno ya es anticipadamente percibido por etapas precedentes al de la diapausa, caracterizada por el acumulo de reservas, pudiendo todavía estar asociado entre otros, a procesos bioquímicos, disminución de la proporción del agua en los tejidos de la planta y la reacción de o interrupción de actividades neurosecretoras. La deficiencia hídrica asociada a un aumento o disminución de la temperatura, en el caso específico de los salivazos de la caña de azúcar, puede constituirse en señales relevantes para etapas que anteceden a la diapausa (Mendonça 1996 d).
- B. Fase de mantenimiento- Se trata de la diapausa propiamente. Una vez iniciado ese proceso, no es posible interrumpir su desarrollo y la fase en diapausa ya

no responde a las condiciones ambientales favorables a su desarrollo.

- C. Fase activa o de salida de la diapausa – la etapa en diapausa puede dar continuación a normal a su desarrollo, saliendo de la diapausa si las condiciones del medio son favorables. Esa salida de la diapausa podrá ser obtenida a través de la ocurrencia de diversos factores actuando individualmente o en conjunto, entre ellos: altas o bajas temperaturas, variaciones en la humedad, seca, luz y choques térmicos.

Refiriéndose a los salivazos de la raíz de la caña de azúcar, (Peck 2001 b), relaciona factores que pueden influenciar en la ocurrencia y en la duración de la diapausa:

1. Durante la fase de pre ovoposición:
  - a) La generación a la cual pertenece la hembra (aspecto fisiológico)
  - b) El estado nutricional de la planta durante el ciclo de vida.
  - c) Incidencia y duración de foto periodo sobre el ciclo de vida
2. Durante la fase de pos oviposición:
  - a) Condiciones ambientales adversas, a ejemplo de las altas temperaturas.
  - b) Periodo y duración de época seca después de la ovoposición.

En el desarrollo pos diapausico, los huevos podrán pasar por un periodo de quietud coincidiendo con el subimiento de las primeras ninfas, con la llegada del inicio de las primeras lluvias.

Después de pasar uno o varios periodos de sequía o de frío desfavorables, con el inicio de las primeras lluvias de los años siguientes, los huevos pueden eclosionar, saliendo de la diapusa y dando continuidad a su desarrollo embrionario, para en seguida eclosionar las ninfas, dando lugar a las primeras generaciones de la plaga, aproximadamente de 20 a 25 días después de l inicio del periodo lluvioso, necesitando para eso, de un determinado y persistente excedente hídrico en el suelo.

Quietud- es una interrupción, inmovilidad o reposo momentáneo de desarrollo, inducido indirectamente por las condiciones desfavorables del medio ambiente, volviendo el insecto a su desarrollo normal, en el momento en que las condiciones del medio ambiente se tornen favorables. En este caso el insecto no desarrolla ningún mecanismo bioquímica especial, retardando apenas sus actividades metabólicas. Este fenómeno puede ocurrir en cualquier etapa del desarrollo del insecto desde huevo hasta adulto pudiendo abarcar la interrupción tanto de crecimiento como de la reproducción.

Mucho tenemos que aprender sobre la diapausa de los huevos de los salivazos en general, especialmente sobre su longevidad. Solamente la investigación puede aclarar este y tantos puntos todavía poco conocidos por el hombre.

### Etapa de las Ninfas

Las ninfas pasan por cinco instares, hasta llegar a la fase adulta, llevando para eso de treinta a sesenta días, dependiendo de la especie y principalmente de las condiciones climáticas ambientales. (**Cuadro 1.1**).

En la mayoría de las especies, as ninfas son radículas, (salivazo de la raíz), se desarrollando todo su ciclo ninfal, succionando las raíces superficiales o profundas en el suelo. Existen aún las ninfas aerorículas , pertenentes a un número menor de especies: Salivazo de la hoja- cuyas ninfas eclosionan de los huevos de las bases de la hojas, se desplazan para el interior del cogollo terminal de la planta, en donde se desenvuelven los primeros instares, descendiendo posteriormente, para las bases más bajas de la hoja donde completan el ciclo y, los salivazos de cogollo- cuyas ninfas eclosionan de los huevos introducidos en las nervuras central de las hojas del cogollo, desenvolviendo todo su ciclo ahí mismo, en el interioro del cogollo terminal.

Cuando succionan las raíces las ninfas producen una espuma blanca viscosa, de alta densidad, que protegen la desecación y la deshidratación, de los insecticidas y de los enemigos Naturales, (Whittaker, 1970).

Para la transformación de esa espuma, es utilizado el líquido expulsado por el ano del insecto, soplado a través del canal respiratorio, ubicado en la porción ventral intermediaria (escleritos). Del abdomen de la ninfa (Marshall, 1966). Las bombas de espumas son distribuidas por las regiones dorsales y laterales del insecto, a través de la movilidad de los últimos segmentos abdominales. De acuerdo a Ziegler and Ziegler(1958) citado por Fewkes(1969), cerca del 90% de los componentes de espuma de los salivazos, es proteína. Las perforaciones causadas por las ninfas de **A. varia saccharina**, terminan en el meta-xilema de las raíces de la caña de azúcar (Hagley, 1969). Durante la alimentación, y segregación salivar inyectada en el interior de la planta, formando la "base salivar", alrededor de los estiletes mandibulares y maxilares, indicando claramente la ubicación exactamente en donde ocurrió la alimentación. Las bombas de espuma son distribuidas por las regiones dorsales laterales del insecto, a través de la movilidad de los últimos segmentos abdominales.

Normalmente las ninfas caminan afuera de la espuma, después de cada cambio de piel, mostrándose muy ágiles, pero exponiéndose a los enemigos naturales una vez que afuera de la espuma están desprotegidas.

CUADRO 1.1  
Características claves para identificar los cinco instares del salivazo de la raíz *Aeneolamia varia* (Peck, 2001 e)

INSTARES	CARACTERÍSTICAS
V Instar	
Antenas	8 segmentos; el segmento es dos veces más largo que el cuatro; los segmentos 1 y 2 son casi tan anchos como largos.
Teclas alares	Las anteriores se extienden muchos más del metatórax, hasta el Segmento abdominal 2; las posteriores se extienden a través de los segmentos abdominales 1 y 2 hasta el segmento 3, dos veces Mayor que la superficie dorsal del metatórax.
Ojos	Forma ovalada con distintos bordes.
Tarsos	Tres segmentos.
IV Instar	
Antenas	Difíciles de verse en el estereoscopio; 8 segmentos; el segmento 3. Es dos veces mayor que el segmento 4; los segmentos 1 y 2 casi son tan anchos como largos.
Teclas alares	Las anteriores se extienden hasta el centro del metatórax; las posteriores se extienden adentro del segmento abdominal 1, 1,5. Dos veces más largos que la superficie dorsal del metatórax.
Ojos	En forma de medio círculo con distintos bordes.
Tarsos	Aparentemente con solamente un segmento.
III Instar	
Antenas	Difíciles de verse en le estereoscopio.
Teclas Alares	Las anteriores se extienden hasta casi el centro del metatórax, las posteriores se extienden hasta, pero no adentro del primer segmento abdominal; esclerito dorsal metatórácico, reducido en la línea central.
Ojos	En forma de medio círculo, con distintos bordes.
II Instar	
Teclas Alares	Anteriores y posteriores son muy pequeñas y se extienden solamente un poco más allá del borde posterior de sus segmentos torácicos; escleritos torácicos reducidos, pero presentes.
Ojos	Formato circular hasta ovalado, con bordes difusos.
I Instar	
Teclas Alares	Ausentes; escleritos, torácicos, aparentemente ausentes
Ojos	Forma circular hasta ovaladas con bordes difusos.

Cuando ocurre la deficiencia hídrica en el suelo, las ninfas radícolas en busca de la humedad pueden también ser encontradas succionando las raíces debajo de la cepa, en la profundidad superior a 20 centímetros. En suelos pesados, o con excedente hídrico (encharcados), las ninfas en busca de mejor aireación, pueden ubicarse en la parte aérea del tallo, fijándose en las raíces aéreas de los primeros entrenudos. En este caso, pueden no ubicarse en el interior de las bases de la hoja s, y sí en el área externa del tallo en la región de la yema, arriba de las raíces aéreas.

Las ninfas de los salivazos de la raíz de la caña de azúcar viven durante todo el ciclo en el suelo, generalmente en la base de la cepa, en el surco de la caña pudiendo ser también encontradas succionando raíces y radicelas en los entrenudos, en cañales que tengan

el suelo total o parcialmente cubiertos con paja. La metamorfosis de la ninfa es gradual, pudiendo hacer la diferencia en los instares, por el aumento de la capsula cefálica y por el desarrollo de las tecas alares. En el quinto instar, ya se puede determinar exceso de la ninfa, ubicando los órganos reproductores, en el segmento abdominal 9, mientras los segmentos 10 y 11, se representan reducidos.(Peck, 2001 b).

## ALIMENTACIÓN Y SINTOMATOLOGÍA

### Adulto

Los adultos del salivazo de la caña de azúcar y de los pastos independientemente de la especie, chupan la savia de las células de la extremidad del parénquima

perforando la hoja, penetrando los estiletes bucales, a través de las estomas, donde se concentran grandes cantidades de los cloroplastos, formando también ahí la base salivar, inyectando toxinas, causando en consecuencia efectos directos en la reducción de la fotosíntesis (Withycombe, 1929). Pueden succionar durante el día o la noche y generalmente aprovechan el largo periodo de la copulación para simultáneamente también succionar la savia de las hojas.

El parénquima foliar tiene la función de almacenar el agua y las sustancias que posteriormente serán convertidas en nutrientes para la planta, encontrándose también ahí agrupados los cloroplastos, células que contienen clorofila.

Los estomas son pequeñas aperturas en las hojas, en contacto con los cloroplastos, donde ocurren los cambios gaseosos de la hoja con el medio ambiente y por donde también ocurre la pérdida del agua de la planta por transpiración, acomodándose en hileras, siendo más numerosa la del lado inferior de la hoja.

En la presencia de la luz y a través de un complejo proceso químico, la clorofila combina con el agua y con el óxido de carbono, resultando en el proceso conocido como fotosíntesis, o formación de carbohidratos o azúcares en la hoja (Martin, 1961).

La reducción del área de fotosíntesis causan serios daños a la caña de azúcar, retardando la maduración, atrofiando los entrenudos, y reduciendo la acumulación de sacarosa en el tallo, con graves repercusiones en la calidad del jugo y consecuentemente en la caída de los rendimientos agrícolas y industriales.

No fue hasta ahora que se evidencia de los salivazos de la caña de azúcar, vectores de alguna enfermedad de virus de la caña de azúcar, por picadura o succión de la savia (Withycombe, 1926), pero en este acto, los adultos inyectan toxinas, al regurgitar saliva, conteniendo un complejo de enzimas y aminoácidos oxidantes, por el interior de los estomas y de las células, con el objetivo de romper la estructura molecular de la savia, facilitando la asimilación de los nutrientes por el insecto, causando en este acto, la intoxicación y quema de las hojas. Williams (1921) y Urich (1928) en Trinidad, ya afirmaban la existencia de toxinas en la saliva de adultos del salivazo de la raíz de la caña de azúcar **Aeneolamia varia saccharina**.

La introducción de esas toxinas en las hojas queman los vasos de conducción de la savia, causando toxemias en área atingidas por el tejido foliar (Hagley, 1996, 1997).

Alrededor de cada picadura de succión de la savia, se inicia una clorosis, alcanzando posteriormente la coloración enrojecida, evolucionando después de un periodo de una a tres semanas, para una necrosis longitudinal generalizada alrededor del área picada produciendo ese síntoma aumentar por toda la hoja dando

al cañal el aspecto de quemado. Cuando ocurre varias picaduras en la misma hoja, se amplia rápidamente el área quemada, llegando a secarse totalmente toda la hoja, aumentando los daños sufridos por la planta.

El tamaño y la velocidad del desarrollo del área afectada en la hoja, probablemente dependerá del tiempo de duración de la picadura, resultando en mayor o menor introducción de toxinas en la hoja, como también de la etapa fisiológica de la caña.

Todo nos hace creer que la diversificación y cantidad de toxinas introducidas por el insecto en la hoja, en el acto de succión de la savia, son los responsables por el grado de agresividad y rapidez de la quema. Así cada especie puede presentar un complejo diferentes de enzimas y aminoácidos en la composición de su saliva, repercutiendo en una mayor o menor agresividad a la caña después del ataque. Eso puede se puede ver en la practica cuando observamos la ocurrencia de un daño más fuerte en los cañales con ataques de salivazos de la raíz que en cañales con presencia del salivazo de la hoja.

De acuerdo a Kershaw (1914), la glándula salivar de **A. varia saccharina**, es mucho más grande en adulto en la ninfa. Esto justifica que los adultos pueden secretar más cantidad de saliva juntamente con sus toxinas para el interior de la planta, quemando las hojas, al contrario de las ninfas, que a la luz del conocimiento actual, no introducen toxinas en las raíces.

Hagley (1969) identificó 17 aminoácidos en las glándulas salivares de adultos de **A. varia saccharina**. Inoculaciones artificiales en hojas de caña, con una mezcla de algunos de estos aminoácidos, causaron síntomas típicos semejantes de clorosis y posterior quema del área afectada, comprobando así el involucramiento de la saliva de los adultos, en la agresividad de los daños en las hojas.

## Ninfas

Al perforaren las raíces, las ninfas causan la pudrición, posibilitando las infecciones de las mismas, con pérdidas de la capacidad de absorción del agua y de nutrientes. Ese proceso. Fuerza a la planta a emitir nuevas raíces de absorción, las cuales también pasan a ser perforadas y dañadas por la plaga.

Las ninfas de los salivazos de la raíz, a través de su aparato bucal picador-succionador, se alimentan en el área del xilema de las raíces de la caña de azúcar, causando que las hojas se pongan amarillas, llegando a causar sequía generalizada de la planta.

La picadura llega a los vasos del xilema, por donde son conducidos el agua y los nutrientes asimilados por las raíces, para nutrir la caña. Durante el proceso de succión es formada la base salivar, que posteriormente permanece en el tejido de las plantas y que puede ser

vista a través de cortes al microscopio. Esta base salivar producida tanto por las ninfas como por los adultos, es formada por secreciones de saliva inyectada alrededor de los estiletes mandibulares y maxilares, durante la succión (Hagley, 1966).

Mientras succionan las raíces, producen una espuma blanca pegajosa de alta densidad, que las protege contra desecación de las altas temperaturas y de los enemigos naturales (Whittaker, 1970). Pueden también durante cierto periodo, hacer bombas de espumas, sin que estén succionando la savia.

Para la formación de esa espuma, es usado líquido expulsado por el ano del insecto, soplado a través de un canal respiratorio, ubicado en la parte ventral intermedia (escleritos) de abdomen de la ninfa (Marshall, 1966). Las bombas de espuma son distribuidas por las regiones dorsales y laterales del insecto, a través de la movilidad de su abdomen.

La savia del xilema contiene una solución diluida en agua de sales inorgánicas de nitrógeno, fósforo, potasio, y calcio, además de muchos aminoácidos y azúcares (Bollard, citado por Fewkes, 1969).

Alimentándose de vasos xilema, las ninfas disponen de una dieta adecuada, gran cantidad de savia ingerida y gran volumen de agua a ser eliminado.

De acuerdo a Kershaw (1914), las ninfas prácticamente no inyectan toxinas en las raíces de la planta en el acto de succión de la savia. Al contrario ante su baja eficiencia en la asimilación del alimento, necesitan extraer de las raíces, gran cantidad de savia, durante un largo periodo de tiempo, de 1 a 2 meses, mientras dura la fase ninfal, para poder nutrir sus necesidades alimenticias y cumplir con su desarrollo, excretando gran cantidad de líquido, usando para eso, la cámara de filtro, órgano proveniente de modificaciones del aparato digestivo, en la cual dos partes distantes del tubo digestivo que se unen estrechando el camino de los alimentos líquidos, evitando la porción mediana del aparato digestivo mesenterio, ventrículo o estómago. Así el exceso de agua y los carbohidratos solubles en la hemolinfa, son eliminados por difusión directamente de la parte anterior del estómago para el intestino, mientras que las sustancias grasosas y las proteínas son digeridas y absorbidas por el estómago.

El fluido anal producto de la excreción final del insecto, incluyendo, sustancias secretadas por los tubos de Mahpighi, contienen un alto porcentaje de proteína, sugiriendo también que aquellas ninfas de salivazo de alimentan de células del parénquima o de vasos del floema, reportado por varios autores (Fewkes, 1979). Al succionar la savia, las ninfas perforan y contaminan las raíces desactivándolas en las funciones de simulación de agua y de nutrientes, forzando a la planta a emitir nuevas raíces, perdiendo energías ya acumuladas, además ex-

traen nutrientes y eliminan gran cantidad de agua, provocando una desnutrición y deshidratación de la planta en pleno periodo de lluvias, causando el amarillamiento y el secado de las hojas, teniendo como consecuencia la resistencia a la inexistencia de la fotosíntesis, en acortamiento de los entrenudos, atrofia del tallo y atraso en el desarrollo vegetativo y maduración de la caña de azúcar, llegando a secar todo el cañal, causando grandes pérdidas agrícolas e industriales. Ese secado de la caña de azúcar en pleno periodo de lluvia podría denominarse "síndrome del salivazo". Las ninfas del salivazo de la hoja y del cogollo parecen no causar mayores daños a la caña de azúcar, al succionar la savia de bases de las hojas y las hojas nuevas ubicadas en el interior del cogollo, apenas debilitan a la planta pudiendo causar el amarillamiento temporario recuperable (Guagliumi, 1972-73).

De esta misma forma que las ninfas del salivazo de la raíz, no está comprobado hasta el momento, la introducción de toxinas por las ninfas del salivazo de la hoja y del cogollo, aún mismo cuando succionan e el área parénquima foliar.

### Mecanismos de defensa

La principal forma de defensa de los cercópodos es la producción de espuma por las ninfas, que las protege de la desecación, de la deshidratación de los insecticidas y los enemigos naturales (Whittaker, 1970).

Los adultos usan como principal forma de defensa el sangrado por la acción refleja (auto hemorragia). Al sentirse atacados, provocan un auto sangrado, principalmente a través de las patas, funcionando como una eficiente forma de defensa, ante el olor y sabor repugnantes, que tiene ese líquido. Además, cuando amenazados, utilizan el salto como forma de escape o permanecen inmóviles, simulando estar muertos (Peck, 2000).

### Enemigos naturales

Los más importantes enemigos naturales nativo del salivazo de la caña de azúcar del nuevo mundo, es el **Salpingogaster nigra Schiner** (Dipt.: Sirphidae), depredador de ninfas de todas las especies de salivazos de raíces en caña de azúcar y en pastos (Guagliumi, 1969; 1971; 1972-73; Bennett, 19684. Mendonça, 1996 b; Mendonça et al., 1996 a). Otro depredador natural de gran importancia en el control del salivazo de la raíz es **M.fimbriolata**, y la hormiga **Pheidolegenalis** (Borgmeier) (Him.: Myrmicinae) (Mendonça, 2003).

En Brasil es citada la ocurrencia del parasitoide **Acropolytnema hervilai** Gomes (Hym.:Mimaridae), en huevos de las tres especies del genero **Mahanarva: M.fimbriolata, M.posticata y M.rubicunda** (Gomes, 1948; Guaigliume, 1972-73).

El hongo nativo **Batkoa sp**(cit.err.:**Entomophthora sp.= Zophthora sp= Empusa sp**) (**Zigomicetes, Entomophthoraceae**), infectando adultos que se mueren con el cuerpo pegado en las hojas, se caracterizan por causar epizootias no solamente en la región cañera de Brasil, : (Mendonça, 1996 b, Mendonça et al., 1996 a y Alves , 1999).

En Centroamérica la mayoría de las epizootias ocurren a finales de septiembre y a inicios de noviembre, donde ocurren los más grandes picos de ataques de salivazos (Sáenz, 1999). El nematodo **Hexamermis sp.** (**Nematoda: Mermithidae**), también con distribución generalizada en los cañales de toda América, ha sido señalado desde el

inicio del siglo pasado (Urich, 1915), como parasita natural de ninfas de varias especies de salivazo.

El principal agente de control biológico con ocurrencia natural y utilizado ampliamente en áreas comerciales en Brasil y en varios países de Latinoamérica, como ejemplo, Venezuela, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Guatemala y México, el hongo **Metarhizium anisopliae** (Metsh.) **Sorok (Hiphomictes, Moniliaceae)** (Guagliumi, 1972-73; Bennett 1984, Sáenz 1984; Mendonça et al., 1996; Alves, 1998).

Una amplia lista de enemigos naturales nativos puede ser vista en el **Cuadro 1.2.**

CUADRO 1.2  
PRINCIPALES PREDADORES Y ENTOMOPOATOGENOS DEL SALIVAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR, EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

ENEMIGOS NATURALES	ESPECIES Y ETAPAS	REFERENCIAS
INSECTA		
COLEOPTERA		
Carabidae		
Amblycoleus platyderus Chd.	<i>Mahanarva posticata</i> (ninfa)	Guagliumi (1969)
Leplotracheluspuncticollis Bates	<i>Mahanarvaposlicata</i> (ninfa)	Guagliumi (1969)
DIPTERA		
Syrphidae		
Salpingogaster nigra Schiner	<i>A. flavilatera</i> (ninfa)	Guagliumi (1962)
	<i>A. flavilateraflavilatera</i> (ninfa)	Williams (1918)
	<i>A. lepídior</i> (ninfa)	Williams (1921)
	<i>A. postica</i> subsp. (ninfa)	Williams (1921)
	<i>A. selecta selecta</i> (ninfa)	Guagliumi (1971)
	<i>A. selecta transversa</i> (ninfa)	Guagliumi (1971)
	<i>A. varia</i> (ninfa)	Pickles (1933)
	<i>A. varia</i> subsp. (ninfa)	Guagliumi (1962)
	<i>A. varia saccharina</i> (ninfa)	Urich (1913)
	<i>A. varia carmodyi</i> (ninfa)	Box (1953)
	<i>Deois incompleta</i> (ninfa)	Guagliumi (1972-73)
	<i>Deois schach</i> (ninfa)	Guagliumi (1972-73)
	<i>Deois terrea</i> (ninfa)	Guagliumi (1972-73)
	<i>Mahanarvafimbriolata</i> (ninfa)	Guagliumi (1972-73)
	<i>Mahanarva rubicunda indentata</i> (ninfa)	Guagliumi (1972-73)
	<i>Mahanarvaposlicata</i> (ninfa)	Mendonça (2002c)
	<i>Zulia entreriana</i> (ninfa)	Mendonça (2002a)
Salpingogasterpygophora Schiner	<i>Mahanarvaposlicata</i> (ninfa)	Guagliumi (1969)

CUADRO 1.2 (Continuación)  
 PRINCIPALES PREDADORES Y ENTOMOPOATOGENOS DEL SALVAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR, EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

ENEMIGOS NATURALES	ESPECIES Y ETAPAS	REFERENCIAS
	Mahanarva rubicunda indentata (ninfa)	Guagliumi (1972-73)
	Tomaspsis indentata (ninfa)	Box (1953)
HEMIPTERA		
Reduviidae		
Apiomerus lanipes F.	Mahanarvaposticata (ninfa y adulto)	Guagliumi (1969)
Castolusplagiaticollis Stael	Aeneolaniia varia (sin especificar)	Guagliumi (1962)
Heza binotata C.	Aeneolamiaflavilateraflavilatera (s/espec.)	Guagliumi (1962)
Heza peramata Kirby	A. flavilateraflavilatera (s/espec.)	Guagliumi (1962)
Repipta laurus F.	A. lepidior (sin especificar)	Guagliumi (1962)
Zelus longipes L.	A. varia (sin especificar)	Guagliumi (1962)
Zelus mirnus Sta!	A.flavilateraflavi/atera (s/espec.)	Guagliumi (1962)
Zelus rubidus Lep.-Serv.	A. lepidior (sin especificar)	Guagliumi (1962)
Pentatomidae		
Podisus sagita F.	A. varia (sin especificar)	Guagliumi (1962)
HYMENOPTERA		
Formicidae		
Anochetus inermes Forel	Aeneolanua varia (sin especificar)	Guagliunii (1962)
Dorymyrmex sp. (Dolichoderinae)	Mahanarvafimbriolata (ninfa)	Mendonça & Campos Farinha (2005)
Ectatomma ruidium Roger	A. lepidior (sin especificar)	Guagliumi (1962)
Labidus sp. (Ecitoninae)	Mahanarvafimbriolata (ninfa)	Mendonça & Campos Farinha (2005)
Mononiorjuin carbonarium Smith	Aeneolamia varia (sem especificar)	Guagliumi (1962)
Monomorium carbonarium obeninun Forel	Aeneolamia lepidior (sem especificar)	Guagliumi (1962)
Odontomachus sp. (Ponerinae)	Mahanarva fimbriolata (ninfa)	Mendonça (2003)
Paratrechina fi/va (Mayer) (Formicinae)	Mahanarva fimbriolata (ninfa)	Guagliumi (1962)
Pseudomyrma elegans F.	Aeneolainiaflavilatera (sem especificar)	Guagliumi (1962)
Pheidole genalis (Myrmicinae)	Mahanarvafimbriolata (ninfa)	Mendonça (2003)
Solenopsis invicta (Buren) (Myrmicinae)	Mahanarvafimbriolata (ninfa)	Mendonça & Campos Farinha (2005)
Solenopsis saevissima (Smith)(Myrmicinae)	Mahanarvafimbriolata (ninfa)	Mendonça & Campos Farinha (2005)
Solenopsis geminata F.	A. flavilatera flavilatela (sin espec)	Guagliumi (1962)
	A. varia (sin especificar)	Guagliumi (1962)
Solenopsis tenuis F.	A.flavilateraflavilatera (si espec.) Mahanarvaposticata (ninfa)	Guagliumi (1962-1969)
Wasmania sp. (Myrmicinae)	Mahanarva fimbriolata (ninfa)	Mendonça & Farinha Campos (2005)

CUADRO 1.2 (Continuación)  
 PRINCIPALES PREDADORES Y ENTOMOPOATOGENOS DEL SALIVAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR, EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

ENEMIGOS NATURALES	ESPECIES Y ETAPAS	REFERENCIAS
<b>ORTHOPTERA</b>		
Locustidae		
Xiphidium(Conocephalus)fasciatum Deg.	A. varia (sem especificar)	Guagliumi (1962)
Xiphidium propinquum Redt.	A.flaviratela(sin espec.)	Guagliumi (1962)
Xiphidium saltator Sauss. A.	A.varia (sin especificar)	Guagliumi (1962)
Xiphidium versicolor Sauss.	A. varia (sin especificar)	Guagliumi (1962)
Tettigoniidae		
Plugis man tispá Bol.A.	A.flavilatela flavilatera (sin espec..)	Guagliumi (1962)
	A. varia (sin especificar)	Guagliumi (1962)
	A. varia (sem especificar)	Guagliumi (1962)
Plugis teres De G.		
<b>THYSANOPTERA</b>		
Haplothrips sp.	Aeneolamia lepidior (sin especificar)	Guagliumi (1962)
	Aeneolamiaflavilateraflavilatera (s/espec.)	Guagliumi (1962)
	Aeneolamia varia (sin especificar)	Guagliumi (1962)
<b>ARACHNIDA</b>		
Acarina		
Rhyncholophus sp.	Aeneolamia varia (adulto)	Guagliumi (1962)
Araneae:Anyphaenidae: Anyphaeninae		
Eutichurus ravidus Simon	Mahanarva indicata	Souza (1967)
Eutichurus ravidus Simon	Mahanarva posticata (ninfa e adulto)	Guagliumi (1969)
Jessica campesina Brescovit (Eutichurus ravidus)	Mahanarva posticata (= indicata)(n. e. adult.)	Brescovit (1999)
Araneae: Araneidae Scopocira sp.	Aeneolamia lepidior (si especificar)	Guagliumi (1962)
Araneae: Salticidae		
Salticus sp.	Mahanarva poslicata (adulto)	Guagliumi (1969)
<b>NEMATODA</b>		
Hexameris sp.	Aeneolamia varia (ninfa)	Guagliumi (1962)
	A. varia saccharina (ninfa e adulto)	Urich (1915)
Hexameris dactylocerus Pomar & Liñares	Aeneolamia varia (ninfas)	Pomar & Liñares (1985)
Mermis sp.	Aeneolamia varia (ninfa e adulto)	Guagliumi (1962)
Gordius sp.	Mahanarva posticata (ninfa)	Mendonça (1996a)
<b>ZIGOMYCOTINA</b>		
Zygomycetes: Entomophthoraceae		
Batkoa apiculata (cit. err. Entomophthora sp= Zoophthora sp.)	Mahanarvafi,nbrio/ata (adulto)	Mendonça (1996 a)
Batkoa sp. (=Empusa = Entomophthora)	Mahanarva/imbriolata (adulto)	Alves (1998)

CUADRO 1.2 (Continuación)  
 PRINCIPALES PREDADORES Y ENTOMOPATOGENOS DEL SALIVAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR, EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

ENEMIGOS NATURALES	ESPECIES Y ETAPAS	REFERENCIAS	
Empusa sp.	Aeneolamia selecta selecta (adulto)	Guagliumi (1971)	
	Aeneolamia selecta transversa (adulto)	Guagliumi (1971)	
	Aeneolamia varia saccharina (adulto)	Urich (1915)	
	Aeneolamia varia (adulto)	Guagliumi (1971)	
	Deois flavopicta (adulto)	Guagliumi (1971)	
	Deois terrea (adulto)	Guagliumi (1971)	
	Mahanarvafimbriolata (adulto)	Guagliumi (1971)	
DEUTEROMYCOTINA			
Hyphomycetes: Moniliaceae			
Metarhizium anisopliae (Metsch.) Sorokin	Aeneolamia flavilatera flavilatera (ninfa e ad.)	Guagliumi (1962)	
	Aeneolamia selecta selecta (ninfa e adulto)	Guagliumi (1971)	
	Aeneolamia selecta transversa (ninfa e adulto)	Guagliumi (1971)	
	Aeneolamia varia (ninfa e adulto)	Pickles (1933)	
	Aeneolamia varia saccharina (ninfa e adulto)	Urich (1915)	
	Deois flavopicta (ninfa e adulto)	Guagliumi (1972-73)	
	Deois incompleta (ninfa e adulto)	Guagliumi (1972-73)	
	Deois schach (ninfa e adulto)	Guagliumi (1972-73)	
ENEMIGOS NATURALES	ESPECIES Y ETAPAS	REFERENCIAS	
	Mahanarvafimbriolata (ninfas e adultos)	Guagliumi (1972-73)	
	Mahanarva posticata (ninfas e adultos)	Guagliumi et al. (1969)	
	Zulia entreriana (ninfa e adulto)	Guagliumi (1972-73)	
	Aspergillus sp.	Aeneolamia varia (ovos)	Guagliumi (1962)

## CONCLUSIONES FINALES

La familia **Cercopideae** reúne en el continente americano y en el Caribe por los menos cinco géneros de gran importancia económica para la caña de azúcar y para pastos cultivados: **Aeneolamia, Deois, Mahanarva, Prosapia y Zulia**.

Cada país con sus características geográficas y condiciones climáticas especiales, puede contener una o más especie de importancia económica con las cuales intentan convivir sin que causen mayores daños ejecutando acciones de control utilizándose agentes naturales, a ejemplo del hongo **Metarhizium anisopliae** (Metsch.) Sorok. O con insecticidas que en este caso, con serias consecuencias sobre el mantenimiento de enemigos naturales nativos y lógicamente sin lograr resultados positivos duraderos.

Para que no ocurra el aumento en el área de distribución de esas plagas la principal medida a ser adoptada sin duda es realizar el transporte de cañas para el plantío sin su debido control fitosanitario llevando las formas biológicas de la plaga (huevo como ninfas o adultos) para nuevas áreas de plantío. La implementación del manejo del cultivo estimulando el manejo integrado de plagas promete resultados satisfactorios y generando un mayor rentabilidad y beneficios para el sector del azúcar.

## LITERATURA CONSULTADA

1. Alves, S.B. Fungos entomopatogénicos. p. 289-381. In: S.B. Alves (ed.) Controle microbiano de insetos. Piracicaba, FEALQ, 1.1 63p., 1998.
2. Araújo e Silva, A.J.; Galvão, DM.; Gonçalves, A.T.L.; Gomes, J.; Silva, M.N.; Simoni, Quarto catálogo dos insetos que vivem nas

- plantas do Brasil. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Serviço de Defesa Sanitária Vegetal, PT. II, 1º Tomo, 1968, 622p.
3. Bennett, F.D. Discusión sobre las posibilidades de control biológico de la candelilla. In: Problemas de la Candelilla y del Taladrador en Caña de Azúcar y Pastos, II Seminario, Barquisimeto. Noviembre/1984, p. 39-48.
  4. Box, H.E. List of sugar cane insects. London, Commonw. Inst. Ent., 1953, 101p.
  5. Brescovit, A.D. Revisão das aranhas do gênero *Jessica* Brescovit (Araneae, Anyphaenidae, Anyphaeninae). *Revta bras. Ent.*, São Paulo, 43 (3/4) 249-269, 1999.
  6. Carvalho, S.M. Preferência de postura de *Deois schach* com relação a diferentes espécies hospedeiras e tipos de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20(6): 63 1-633, 1985.
  7. FAO/MINAZ. Mesa Redonda Latino-americana de Manejo Integrado de Pragas da Cana-de-Açúcar. La Habana, 9-13 de septiembre de 1985. 95 p. (Informe Final).
  8. Dieca, Primer simposio sobre manejo integrado de plagas de la caña de azúcar en Costa Rica. Programa de Entomología, San José, Costa Rica. 1994. 20pp.
  9. Fennah, R.G. Revisionary notes on Neotropical Monecphorine, Cercopoidea (Homoptera). *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 6: 337-360, 1953.
  10. Fennah, R.G. Revisionary notes on the New World genera of cercopid froghoppers (Homoptera: Cercopidae). *Bull. Entomol. Research*, 58:165-190, 1968.
  11. Fewkes, D.W. Rep. Tate & Lyle cent. Agri Res. Stn., Trinidad 1961-1962. 1963, p. 170-199.
  12. Fewkes, D.W. The fecundity and fertility of the Trinidad sugar cane froghopper, *Aeneolamia varia saccharina* (Homoptera, cercopidae). *Trop. Agric., Trinidad*, 41:165-168, 1964.
  13. Fewkes, D.W. The biology of sugar cane froghoppers, p. 283-307. In: Williams, J.R.; Metcalfe, J.R.; Mungomery, R.W.; Mathes, R. (eds.). *Pests of sugar cane*. Elsevier Publ. Co., Amsterdam, 1969, 568p.
  14. Fewkes, D.W.; Buxo, D.A. Structure and development of the egg of *Aeneolamia varia saccharina*. *Rep. Tate & Lyle cent. Agric. Res. Stn., Trinidad* 1964: 12-120.
  15. Fors, A.L. El salivazo aéreo Mahanarva andígena: Observaciones en las zonas de abastecimiento de los Ingenios Valdez y San Carlos en el Ecuador. 5º Congreso ATALAC, 13º Congreso ATACA, 14º Congreso ATACORI, San José. Memoria, Setiembre, 17 al 23 del 2000.
  16. Flores Cáceres S. Las plagas de la caña de azúcar en México, Vera Cruz, 1994. 350pp.
  17. Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R.P.L.; Batista, G.C.; Berti Filho, E.; Parra, J.R.P.; Zucchi, R.A.; Alves, S.B.; Vendramin, J.D. *Manual de Entomología*. São Paulo, Editora Agr. Ceres, 2ªed., 1988, 649p.
  18. Gallo, D. (jn memoria); Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R.P.L.; Batista, G.C.; Beni Filho, E.; Parra, J.R.P.; Zucchi, R.A.; Alves, S.B.; Vendramin, J.D.; Marchini, L.C.; Lopes, J.S.R.; Omoto, C. *Entomologia agrícola*. Piracicaba, FEALQ, y. 10, 920p. 2002
  19. Gomes, J.G. *Acmopolynema herbvali* n. sp., parasito de ovos de *Tomaspis liturata* (Chalcidoidca, Mymaridae). *Revta bras. Biol.* 8:417-420, 1948. Guagliumi, P. Las plagas de la caña de azúcar. Maracay. Ministério de Agricultura) Cria, CIA, v. 1. 1962, 482p.
  20. Guagliumi, P. Inimigos naturais da cigarrinha da folha, *Mahanarva posticata* Stal. Recife CCEAP. 1969, 37P. (Publicação.n1).
  21. Guagliunui, P. Entomofauna della canna da zuccherio nel Nord-Est del Brasile. Firenze Instituto Agronomico per il Oltremare, 1971. 53p.
  22. Guagliumi, P. Pragas da cana-de-açúcar— Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro. IAA. 1972 73, 662p. (Coleção Canavieira, 10).
  23. Guagliumi, P.; Marques, E.J.; Mendonça, A.F.; Menezes, C. Primeiros resultados na luta biológica contra a cigarrinha da folha *Mahanarva posticata* Sta! (Hom. Cercopidae) no Nordeste do Brasil. *Bol. Açucareiro, Recife*, 8: 1-5. 1969.
  24. Hagley, E.A.C. Site of feeding pf the froghopper. *Rep. Tate & Lyle cent. Agric Res. Sta., Trinidad*. 1965: 408-413, 1966.
  25. Hagley. E.A.C. Studies on the aetiology of froghopper blight of sugar cane. 11 Probable role of enzymes and amino acids in the salivary secretion of the adult froghopper. *Proc. Br. W. Indies Sug. Technol.* 1966:187-192, 1967.
  26. Hewitt, G.B. Ovipositional preferences of the spittlebugs *Zulia enteriana* (berg 1879) and *Deois flavopicta* (Stal, 1854) (Homoptera: Cercopidae). *Anais d Sociedade Entomológica do Brasil*, 14(2): 197-204 1985.
  27. James, H.C. The bionomics and control of *T.favilatera* Ur., the Demerara sugar cane froghopper. *Proc. Br. W. indies Sug. Technol.* 1946, p. 34-80.
  28. Kershaw, J.C. Froghopper notes. *Buil. Dep. Agric. Trinidad Tobago*, 12: 3-62, 191.
  29. Kershaw, J.C. The alimentary canal of a cercopid. *Psyche, Camb.*, 1914, 21:65-72.
  30. López, F.; Peck, D.C.; Montoya, J. Importancia de la comunicación vibracional en el comportamiento reproductivo Del salivazo de los pastos (Homoptera: Cercopidae) *Revista de la Sociedad Colombiana de Entomología*, 27(1-2): 9-15, 2001.
  31. Mansingh. A. Physiological classification of dormancies in insects. *Can. Entomol!* 103:983-1009, 1971.
  32. Marshall, A.T. Spittle-production and tube building by cercopid larvae (Homoptera) IV. Mucopolysaccharide associated with spittle-production. *Journal of Insect Physiology*. 12: 635-644, 1966.
  33. Martin, J.P. The anatomy of the sugar plant. p. 3-52 In: Martin, J.P.; Abbott. E.V. Gughes, C.G., (eds.). *Sugar-cane diseases of the world*. Amsterdam. Elsevier 1962, 542 p.
  34. Mendonça, A.F. Controle integrado de pragas da cana-de-açúcar na América Latina Caribe. Mesa Redonda sobre Controle Integrado de Pragas da Cana-de-Açúcar Caribe, Congresso Brasileiro de Entomologia, 10, Rio de Janeiro. 1986. 24p.
  35. Mendonça, A.F. Confirmada a introdução de nova praga nos canaviais de Alagoas: a cigarrinha da raiz, *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854). Maceió. UFAL-CECA CURSO MIP. 1995, Sp. (Relatório técnico).
  36. Mendonça, A.F. Guia das principais pragas da cana-de-açúcar na América Latina e Caribe. p. 3 a 48. In: Mendonça. A.F. (cd.), *Pragas da cana-de-açúcar*. Maceió, INSETOS & CIA, 1 996a, 239p.

37. Mendonça, A.F. Introdução da cigarrinha da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata* (Stal), no Estado de Alagoas, Brasil: Importância econômica e controle. P. 193-207. In: Mendonça, A.F. (ed.), *Pragas da cana-de-açúcar*. Maceió, Insetos & Cia, 1 996b,
38. Mendonça, A.F. Introdução da cigarrinha da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata* (Stal), no Estado de Alagoas, Brasil: Importância econômica e controle. 6° Congresso Nacional da STAB. Anais, Maceió, Alagoas. Novembro/1996c, p. 207 - 212.
39. Mendonça, A.F. Ocorrência da cigarrinha da raiz *Mahanarva fimbriolata*/ Stal (Hem.: Cercopidae), na Destilaria Caiman S.A., Porto Franco, Maranhão. Maceió, BIOTECH. 3 de maio, 4p. 1 996d. (Relatório Técnico).
40. Mendonça, A.F. Cigarrinha da raiz e seu controle. *Jornal Cana*, Ribeirão Preto, 93, Setembro, 2001.
41. Mendonça, A.F. Usina Serra Grande/AL — Cigarrinha da raiz da cana-de-açúcar. 05 de julho de 2002a. 3 p. (Relatório Técnico).
42. Mendonça, A.F. A cigarrinha da folha *Mahanarva posticata* na Usina Pinheiro. Maceió —Alagoas, 20 de junho, 2002b, 2 p. (Relatório Técnico).
43. Mendonça, A.F. Cigarrinha da folha. Visita Técnica em 02 de fevereiro, 2002c. 3p. (Relatório Técnico).
44. Mendonça, A.F. Controle da cigarrinha da raiz na cana. *Ribeirão Preto*, *Idea News*, 38: 48-5 3, 2003.
45. Mendonça, A.F.; Stanziola, I.N.R.. Manejo integrado da cigarrinha da raiz *Aeneolamia lepidior* (Fowier) (Homoptera: Cercopidae) no Ingenio Santa Rosa, Panamá. p. 211-217. In: Mendonça, A.F. (ed.), *Pragas da cana-de-açúcar*. Maceió, Insetos & Cia., 1996, 239p.
46. Mendonça, A.F.; Campos-Farinha, A.E.C. Formigas predadoras de cigarrinhas da cana-de-açúcar. In: Mendonça, A.F. (cd.), *Cigarrinhas da cana-de-açúcar e seu controle biológico*. Maceió, Insecta, 2005 (no prelo).
47. Mendonça, A.F.; Barbosa, G.V.S.; Marques, E.J. As cigarrinhas da cana-de-açúcar (Homoptera: Cercopidae) no Brasil. p. 171-192. In: Mendonça, A.F. (cd.), *Pragas da cana-de-açúcar*. Maceió, Insetos & Cia., 1 996a, 239p.
48. Mendonça, A.F.; Santiago, O.A.; Anicheto, S.M.G. Manejo integrado da cigarrinha da raiz *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hem.: Cercopidae) na usina Nova Aliança, Bahia, Brasil. p.227-23 1. In: Mendonça, A.F. (cd.), *Pragas da cana-de-açúcar*. Maceió, Insetos & Cia, 1996b, 239 p.
49. Mendonça, A.F.; Moraes, L.; William; Silva, M. Controle da cigarrinha da raiz em área de cana-crua. *Jornal Cana*, Ribeirão Preto, 96: 18-21, Dezembro, 2001 b.
50. Mendoza, J.R. Bioecología del salivazo de la caña de azúcar, *Mahanarva andigena* (Homoptera: Cercopidae), en el Ecuador. 5° Congreso Atalac, 13° Congreso Ataca, 14° Congreso Atacorí, San José. Memoria, Setiembre, 17 al 23 del 2000.
51. Mendoza, J.R. Bioecología del salivazo de la caña de azúcar. *Mahanarva andigena* (Homoptera: Cercopidae), en el Ecuador. Primer Taller Latinoamericano sobre Plagas de la Caña de Azúcar, Guayaquil. Memorias, Noviembre, 28 al 30 del 2001.
52. Menezes. M. As cigarrinhas das pastagens (Homoptera: Cercopidae) na região sul da Bahia, Brasil: identificação, distribuição geográfica e plantas hospedeiras. *Ilhéus, CEPLAC*, 1982,48 p. (Boletim Técnico, 104).
53. Moore. T.E. Audiospectrographic analysis of sounds of Hemiptera and Homoptera. *Annals of the Entomological Society of America*, 54: 273-291, 1961.
54. Peck, D.C. Diversidad y distribución geográfica del salivazo (Homoptera: Cercopidae) asociado con gramíneas en Colombia y Ecuador. In: III Taller sobre la bioecología y manejo del salivazo de los pastos. dAT, Colombia. Lecturas, 2000. 10 p
55. Peck, D.C. Diversidad y distribución. Seminario 1. In: Taller sobre la bioecología y manejo de cercopídeos en gramíneas. CENGICANA, Santa Lucía Cotzumalguapa, Guatemala, 2001a, p. 5-1 a 5- j6.
56. Peck. D.C. Biología y comportamiento. Seminario 2. In: Taller sobre la bioecología y manejo de cercopídeos en gramíneas. CENGICANA. Santa Lucía Cotzumalguapa, Guatemala, 2001 b. p. 5- 17 a 5-3 1.
57. Peck. D.C. Manejo de huevos y reconocimiento de los estados de desarrollo. Práctica 6. Taller sobre la bioecología y manejo de cercopídeos en gramíneas. CENGICANA, Santa Maria Cotzumalguapa, Guatemala, 2001 c, p. P-30 a P-33.
58. Peck. D.C. Identity and distribution of spittlebugs associated with graminoids of Colombia and Ecuador. Contribution to CIAT Annual Report 2000. In: Taller sobre la bioecología y manejo de cercopídeos en gramíneas. CENGICANA, Santa Maria Cotzumalguapa, Guatemala, 2001d, p28 a 34.
59. Peck, D.C. Reconocimiento de los estados de desarrollo de las ninfas. Práctica 3. Taller sobre la bioecología y manejo de cercopídeos en gramíneas. CENGICANA, Santa Maria Cotzumalguapa, Guatemala, 200 le, p. P-22 a P-26.
60. Pickles, A. Entomological contributions to the study of the sugar cane frog hopper. II. The influence of host relations end of cultural operations in limiting blight incidence amongst plant canes. *Trop. Agric., Trinidad*, 10: 240-245,286-295, 1933.
61. Ponar Jr., GO.; Liñares, B. *Hexanierinis dactylocercus* osp., a parasite of *Aeneola*, *nia varia* (Homoptera: Cercopidae) in Venezuela. *Rey. Nematologie*, 8: 109-112, 1985.
62. Riess, C.M.; Flores, C.S. Catálogo de plagas y enfermedades de la caña de azúcar en México. México, IMPA, CNIA, 1976, V77p. (Seria Divulgación Técnica IMPA, Libro 11).
63. Risco, S.H. Detectado um foco de cigarrinha da raiz *Mahanarva fimbriolata* (Stal) no sul do Estado de Alagoas. Maceió, NA'TT, 1992. 2p. (Relatório técnico).
64. Rorer. J.B. The frog hopper fungus. *Huil. Dep. Agric. Trin. Tobago*, 9: 182-184, 1910.
65. Sáenz, CE.; Salazar, J.D.; Rodriguez, A.; Alfaro, D.; Oviedo, R. Resultados de vinte anos de atividades da Direção de Investigação e Extensão de Cana-de-Açúcar (DIECA) no manejo integrado de pragas de cana-de-açúcar. Congresso Nacional da STAB, Maceió, 8: 58-66, 2002.
66. Sáenz. CE.; Alfaro. D.; Salazar. J.; Oviedo. R.; 1999-Eficiencia em la captura del salivazo (Hom: CERCPODAE) mediante el uso de trampas adhesivas em la caña de azúcar em Costa Rica. Memória del Congreso 5° ATALAC, 13° ATACA, 14° ATACORI del 16 al 18 de septiembre 2000 San Jose Costa Rica p-76-77.
67. Sáenz. CE.; Salazar. J.; Rodriguez. A.; Alfaro. D.; Oviedo. R.; 2002- Resultado de vinte anos de atividades da Direção de Investigação e extensão da cana de açúcar (DIECA) no manejo integrado de pragas em Costa Rica. 17 a 22 de novembro de 2002. Recife-Pernambuco-Brasil. P.8-66

68. Saenz, C.E. Comportamiento de *Metarhizium anisopliae* (Methch) Sorok PL43 em *Aeneolamia postica*, *Prosápia simulans*, *Zulia vilior* y *Delasor notatus* em Costa Rica. Memória Primer congreso de DIE-CA. 19 y 20 de noviembre 1987. San José. Costa Rica. P.69 -81.
69. Souza, H.D. As cigarrinhas da cana-de-açúcar e seu controle por inimigos naturais no Estado do Rio de Janeiro. VII Reuni Latino Americana de Fitotecnia. Caracas, Venezuela. Rio de Janeiro, DAP-IAA, 19p, 1967.
70. Urich, F.W. The silgar cane froghopper. Minut. Proc. Froghopper Invest. Comm.. 1928,2: 64-70.
71. Wiedijk, F. Variability in the occurrence of the sugar cane froghopper *Aeneolamia flavilatera* (Homoptera: Cercopidae), on sugar estates in Guyana and Surinam. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen, 7: 1-55, 1982.
72. Williams, C.B. A froghopper on sugar cane in British Guiana. Bull. Ent. Res. 9: 163-173, 1918.
73. Williams, C.B. Report on the froghopper-blight of sugar cane in Trinidad. Mem. Dep. Agric, Trin., 1921, 1: 179p.
74. Whittaker, J.B. Cercopid spittle as a microhabitat. Oikos, 21: 59-64, 1970.
75. Withycombe, C.L. Studies on the aetiology of sugar cane froghopper blight in Trinidad. 1. Introduction and general survey. Ann. appl. Biol., 13: 64-108. 1926.

# COTESIA FLAVIPES: BÚSQUEDA DE HOSPEDEROS, VIRUS DOMESTICADO, TERATOCITOS Y OTROS ASPECTOS DE SU BIOLOGÍA

Paul E. Hanson Snortum

Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica

phanson@biologia.ucr.ac.cr

## RESUMEN

Se han llevado a cabo diversos estudios sobre la biología de *Cotesia flavipes*, no solamente en la caña de azúcar sino también en el maíz en África. Aunque mucha de esta información tiene relevancia para la práctica de control biológico, la literatura científica se halla dispersa en publicaciones especializadas. El objetivo de este trabajo es proveer una recopilación preliminar y un resumen de esta literatura, y completándola con información de otras especies de *Cotesia* donde sea necesario. La avispa adulta utiliza los olores de las plantas dañadas y del excremento del barrenador para encontrar el hospedero. Aunque la hembra pone muchos huevos en cada hospedero, es probable que en el campo ella no ataca muchas orugas. El ámbito de hospederos aceptados por la hembra es más amplio que el ámbito de hospederos adecuados para el desarrollo de la larva parasítica. Al parecer, la encapsulación de la larva por la sangre del hospedero es más común en *Diatraea grandiosella* que en *D. saccharalis*. El parasitoide se defiende contra las defensas inmunológicas del hospedero por la acción del veneno y los virus inyectados por la hembra, y por las células (los teratocitos) liberadas por la membrana del huevo. Además, estos mismos factores probablemente permiten al parasitoide detener la metamorfosis del hospedero.

## INTRODUCCIÓN

Las especies de *Diatraea* (Lepidoptera: Crambidae) que barrenan la caña del azúcar son nativas de la región neotropical, donde son una de las plagas más dañinas y difundidas. En esta región se han registrado los siguientes himenópteros como parasitoides de esta plaga (Hanson y Gauld, 2006):

- Scelionidae: *Telenomus alecto*
- Chalcididae: *Conura acuta* (Vejar-Cota et al., 2005)
- Trichogrammatidae: *Trichogramma galloi*
- Braconidae-Agathidinae: *Alabagrus stigma*
- Braconidae-Braconinae: *Digonogastra grenadensis*, *D. kimballi*, *Myosomatoides myersi*, *Palabracon diataeaphilus*
- Braconidae-Microgastrinae (Austin y Dangerfield, 1989): *Apanteles abditus* (Brasil, Uruguay, Venezuela), *A. deplanatus* (México), *A. diatraeae* (sur de los EE.UU. hasta Colombia, el Caribe), *A. fredei* (Guatemala), *A. minator* (Argentina, Bolivia, Perú), *A. vulgaris*

(Argentina, Brasil, Puerto Rico), *Cotesia flavipes* (sur de los EE.UU. hasta Brasil).

- Bethyliidae: *Goniozus bogotensis*

Todos estos parasitoides son nativos del neotrópico con la excepción de *Cotesia flavipes*, que es una especie oriunda de la India, el sudeste de Asia y Australia, donde uno de sus hospederos originales es *Chilo partellus* (Crambidae), una plaga de sorgo. En los años 1950 esta especie fue introducida desde la India hasta Mauricio y otras islas del Océano Índico para combatir *Chilo sacchariphagus* en caña de azúcar. En 1963 *C. flavipes* fue introducida desde Mauricio hasta la Florida para combatir *Diatraea saccharalis* (Gifford y Mann, 1967) y en la misma década fue introducida desde Mauricio y la India hasta Trinidad (Bennett, 1965) y Barbados (Alam et al., 1971). A partir de las poblaciones establecidas en Trinidad y Barbados *C. flavipes* fue introducida en varios otros países del neotrópico en las décadas de 1970 y 1980 (Risco-Briceno, 1996; Botelho y Macedo, 2002). Como proyecto de control biológico clásico, la utilización de *C. flavipes* en

América no resultó particularmente exitosa; sin embargo su crianza en masa para liberaciones periódicas ha brindado resultados muy positivos (Macedo *et al.*, 1993). Más reciente esta especie ha sido introducida en el este de África para combatir a los barrenadores de maíz y de sorgo (Zhou y Overholt, 2001).

## BIOSISTEMÁTICA

Actualmente se clasifica el género *Cotesia* en la subfamilia Microgastrinae (55 géneros en todo el mundo). Esta subfamilia, pertenece al “complejo microgastroide” que incluye también las subfamilias Adeliinae (2 géneros), Cardiochilinae (16 géneros), Cheloninae (11 géneros), Dirrhopininae (1 género), Mendesellinae (2 géneros) y Miracinae (1 género). Hasta donde sabe, todas las especies en estas subfamilias son koinobiontes endoparasíticos de larvas de Lepidoptera. Los koinobiontes son los parasitoides que le permiten al hospedero seguir desarrollándose por un tiempo, en contraste a los idiobiontes, que inyectan un veneno que paraliza permanentemente al hospedero. Microgastrinae incluye tanto parasitoides solitarios como gregarios, pero los miembros de las otras subfamilias mencionadas son principalmente solitarios (Hanson y Gauld, 2006).

En la subfamilia Microgastrinae, *Cotesia* es uno de los géneros más comunes y ubicuos, y probablemente contiene 1.500-2.000 especies en todo el mundo, aunque muchas de estas especies aún no tienen nombres. Un análisis molecular identificó cuatro grupos monofiléticos de *Cotesia* (Michel-Salzat y Whitfield, 2004): el grupo *kariyai*, el grupo *rubecula*, el grupo *glomerata*, y el grupo *melanoscela*. El último grupo incluye *C. melanoscela* y tres especies muy relacionadas entre sí que se llaman el “complejo *flavipes*”: *C. sesamiae*, *C. chilonis* y *C. flavipes*. El mismo estudio muestra que el parasitismo solitario es la condición ancestral en el género y que el parasitismo gregario ha evolucionado varias veces (75% de las especies de *Cotesia* son gregarias). Por ejemplo, en el grupo *melanoscela*, la especie *C. melanoscela* es ancestral y es solitaria mientras que las especies del complejo *flavipes* son gregarias. Las tres especies del complejo *flavipes*, que son nativas de África y Asia, han sido introducidas en más de 40 países para el control biológico de barrenadores de gramíneas (Polaszek y Walker, 1991). Estas tres especies son muy difíciles de separar; aunque se puede distinguir *C. flavipes* por la genitalia del macho, *C. chilonis* y *C. sesamiae* son muy similares (Kimani y Overholt, 1995; Kimani-Njogu *et al.*, 1997, 1998; Smith y Kambhampati, 1999). Las tres especies se entrecruzan en el laboratorio, pero los machos de *C. flavipes* no son

atraídos a las hembras de las otras especies (Kimani y Overholt 1995).

## EL ALIMENTO DEL ADULTO Y EL APAREAMIENTO

En el laboratorio los adultos de *Cotesia flavipes* se alimentan de miel, pero también se han observado que se alimentan de savia de la planta (que vienen de heridas) y de excremento fresco de la oruga hospedera (Potting *et al.*, 1997b). Sin embargo existen muy pocas observaciones sobre las fuentes alimenticias en el campo. Es probable que se aprovechan del néctar que se encuentran en flores y nectarios extraflorales, como se han observado en otros parasitoides. Sin alimento las hembras adultas viven solo 2 días, pero cuando se provee alimento bajo condiciones de alta humedad pueden vivir hasta 5-6 días (Wiedenmann *et al.*, 1992; Potting *et al.*, 1997b).

En los parasitoides gregarios los estadios inmaduros de ambos sexos se hallan muy agregados y los machos pueden quedarse en el mismo sitio del que emergieron y aparearse allí mismo. Este sistema de apareamiento a veces conduce a un alto grado de endogamia, lo que afecta la proporción sexual de la descendencia. Como se han observado en muchos parasitoides gregarios, la endogamia es común en *C. flavipes* (Arakaki y Ganaha, 1986) y la proporción sexual de la descendencia tiende ser sesgada hacia las hembras (Kajita y Drake, 1969; Wiedenmann y Smith, 1993). Las hembras atraen los machos por medio de feromonas sexuales femeninas que se producen en el abdomen (Freitas *et al.*, 2004), posiblemente en la base de la segunda valvifer como en otras *Cotesia* (Tagawa, 1983; Field y Keller, 1994). Durante el cortejo el macho tamborilea las antenas, se mueve de lado a lado y batea las alas (Freitas *et al.*, 2004). Los machos pueden tener varios acoplamientos, pero las hembras parecen aparearse una sola vez (aunque Gifford y Mann, 1967, encontraron resultado al contrario).

Varias especies de artrópodos muestran infecciones por la bacteria *Wolbachia* que se transmite verticalmente de madre a hija en el citoplasma del huevo. En Hymenoptera esta bacteria a menudo induce la partenogénesis (la telitoquia) pero también puede causar la incompatibilidad en cruces entre un macho infectado con una hembra no infectada o con una hembra que ha sido infectada por una cepa bacteriana distinta (resumen en Hanson y Gauld, 1996). Aunque no se encontró información sobre esta bacteria en *C. flavipes*, en África algunas poblaciones de *C. sesamiae* muestran infecciones por *Wolbachia* que causan la incompatibilidad (Mochiah *et al.*, 2002).

## LA BÚSQUEDA DEL HOSPEDERO Y SU ACEPTACIÓN

En casi todos los parasitoides, las hembras adultas tienen que localizar un hospedero. Durante este proceso la hembra responde a una serie jerárquica de estímulos y puede verse afectado tanto por su condición fisiológica (si se ha apareado o no, sus necesidades alimentarias, la carga de huevos) como por factores extrínsecos, como las condiciones climáticas, la distribución de los hospederos y los riesgos que implica su obtención (p.ej. la presencia de hormigas). Es importante señalar que un hospedero aceptado de inmediato en el laboratorio podría no ser atacado en el campo, sencillamente porque el hospedero se encuentra en un habitat en el cual el parasitoide normalmente no lo buscaría. Por ejemplo, las hembras de *Cotesia glomerata* exploran sitios soleados, pero rara vez lugares sombreados (Sato y Ohsaki, 1987). Existe muy poca información sobre la estrategia de forrajeo de *C. flavipes*, pero se ha observado que una hembra puede desplazarse hasta 64 metros durante su vida (Sallam *et al.*, 2001).

La mayoría de la información disponible para *Cotesia flavipes* trata de los estímulos a los que responde. Es probable que los primeros estímulos que atraen a la hembra son las sustancias volátiles que vienen de las plantas gramíneas. Comparando el maíz y el sorgo en África, se han observado que *C. flavipes* muestra una ligera preferencia para el primero mientras que *C. sesamiae* responde más al sorgo (Ngi-Song *et al.* 1996). Otro estudio mostró que los *C. flavipes* criados por cinco generaciones en *Chilo infuscatellus* en caña de azúcar cambiaron su preferencia de maíz a caña de azúcar, pero volvió a preferir el maíz cuando fueron criados por otro cinco generaciones en esta planta (Shami y Mohyuddin, 1992). Aunque las gramíneas no infestadas atraen a las hembras, las plantas infestadas provocan una respuesta más fuerte y el grado de atracción aumenta con el número y tamaño de los barrenadores que alberga la planta (Rutledge y Wiedenmann, 1999). Unas sustancias regurgitadas por los barrenadores provocan una reacción sistémica en la planta y por consecuencia la planta produce otras sustancias volátiles no solamente en el tallo dañado sino también en las hojas (Potting *et al.*, 1995). La hembra de *C. flavipes* responde a seis compuestos del maíz dañado por *Chilo partellus* (Ngi-Song y Overholt, 1997; Ngumbi *et al.*, 2005).

La avispa también responde al barrenador en sí. En el laboratorio *C. flavipes* responde más intensamente a los hospederos removidos del tallo y no lavados con agua, que a los hospederos removidos y lavados (Ngi-Song *et al.*, 1995). La hembra responde aun más intensamente al excremento húmedo: ella se detiene en el sitio y empieza a tamborilear el sustrato con sus antenas (Potting *et al.* 1995). No distingue entre el excremento de diferentes

especies de barrenadores (Ngi-Song y Overholt, 1997), incluso es atraído por el excremento de especies que no son adecuados para las larvas del parasitoide (Ngi-Song *et al.*, 1995). Por otro lado, cuando la hembra puede escoger entre excremento de orugas en *Saccharum* versus el de orugas en *Sorghum*, ella generalmente prefiere el primero (Leerdam *et al.*, 1985). En contraste a muchos otros parasitoides, *C. flavipes* no muestra una capacidad de aprender los olores asociados al hospedero, posiblemente porque esta especie forrajea en un ambiente más predecible (Potting *et al.*, 1997a).

Aunque el excremento del barrenador es un estímulo importante, el parasitoide a veces entra los agujeros en tallos no infestados; o sea, la hembra responde a este estímulo visual aun cuando no existen estímulos químicos. Una vez que la avispa entra a un tallo infestado, ella a menudo tiene que pasar por excremento que bloquea el túnel, una situación que disminuye la tasa de parasitización (Potting *et al.*, 1997b). Puesto que la oruga se defiende por morder y *C. flavipes* no paraliza el hospedero antes de ovipositar, una hembra que acerca la cabeza del barrenador corre un riesgo mortal, aunque en este caso la mayoría de las hembras logran a ovipositar antes de morir (Takasu y Overholt, 1996).

Una vez localizado el posible hospedero, la hembra parasitoide debe "decidir" si oviposita o no; es decir, si el hospedero es aceptable o no. Los hospederos varían con respecto a las cualidades alimenticias que pueden ofrecerle a la prole de la hembra parasitoide y en cuanto al tiempo que ésta necesitará para someterlos y ovipositar en ellos. Esto, a su vez, se relaciona con la edad del hospedero y con la especie de que se trate. La poca información disponible nos indica que *C. flavipes* acepta las últimas etapas larvales de varias barrenadores de gramíneas.

Así mismo, la aceptación del hospedero se ve influida por el hecho de que el hospedero haya sido o no parasitado. La habilidad para reconocer a un hospedero parasitado se conoce como la discriminación del hospedero. La mayoría de las especies de parasitoides son capaces de identificar hospederos que han sido parasitados previamente, ya sea por ellos mismos o por otra hembra de la misma especie. Las hembras de *C. flavipes* muestra esta capacidad (Campos-Farinha *et al.*, 2000) y cuando ovipositan en hospederos ya parasitados (superparasitismo), los efectos en el prole a menudo depende de la especie de hospedero (Sallam *et al.*, 2002). A veces, parece que una oruga superparasitada de *Diatraea saccharalis* produce más *C. flavipes* (Yamauchi *et al.*, 1997). Como ocurre en muchos otros parasitoides, el mecanismo de discriminación parece ser a través de una feromona marcadora que las hembras dejan en el túnel después de ovipositar (Potting *et al.*, 1997c).

Aparentemente la hembra de *C. flavipes* no distingue un hospedero recién parasitado por Tachinidae,

aunque tales hospederos no permiten el desarrollo de su prole (Weir y Sagarzazu, 1998). Por lo general, las hembras parasitoides tratan de no ovipositar en hospederos infectados con patógenos, aunque si la infección es muy reciente a veces no la pueden detectar. Cuando *Chilo partellus* es infectado simultáneamente con el protozoario *Nosema*, perjudica la larva de *C. flavipes* (Bordat *et al.*, 1994).

Una vez aceptado el hospedero, el parasitoide debe "decidir" cómo lo va a explotar, es decir qué sexo tendrá cada huevo que pone y, en el caso de parasitoides gregarios, el número de huevos por hospedero. *Cotesia flavipes* es proovigénica, o sea, la hembra emerge de la pupa con un suministro completo de huevos (en contraste a los parasitoides sinovigénicos que pueden seguir desarrollando los huevos a través de su vida). Su fecundidad potencial es alrededor de 150 huevos y puesto que ella deposita 35-45 huevos por hospedero, puede atacar hasta cuatro hospederos (Potting *et al.*, 1997b). La hembra a menudo pone más huevos fecundados (que producen hembras) que huevos no fecundados (que producen machos), pero bajo condiciones de superparasitismo la proporción de huevos machos aumenta (Campos-Farinha y Chaud-Netto, 2000; Campos-Farinha *et al.*, 2000).

## LA IDONEIDAD DEL HOSPEDERO

El ámbito de hospederos utilizado por un parasitoide es determinado por una serie de factores. El primer requisito es que el parasitoide y el hospedero comparten la misma fenología y el mismo habitat. También el parasitoide tiene que encontrar el hospedero (responder a los estímulos apropiados) y aceptarlo para la oviposición. Finalmente, el hospedero tiene que proveer las condiciones adecuadas para el desarrollo de la larva parasitaria. Las especies hospederas que las hembras adultas aceptan no son necesariamente igual de apropiadas para las larvas. Es importante notar que la dicotomía entre hospedero adecuado y no adecuado no es siempre tan marcada. Puede haber diferentes grados de idoneidad del hospedero que se puede medir por la supervivencia de la larva, por el tiempo que le toma desarrollarse y por el tamaño y la fecundidad de los adultos que emergen. Además, los koinobiontes endoparasíticos pueden incrementar la idoneidad del hospedero por medio de la manipulación del hospedero, esto es, la habilidad del parasitoide para alterar la fisiología o el comportamiento del hospedero en beneficio propio (a través del veneno, los virus, los teratocitos y las secreciones larvales).

Las especies de *Diatraea* son nativas al neotrópico mientras que *C. flavipes* no es nativa de esta región, lo cual indica que este parasitoide ha logrado parasitar unos hospederos que no ha parasitado durante su historia evolutiva. A través de su amplia distribución actual,

*C. flavipes* parasita exitosamente más de 20 especies de barrenadores (principalmente Pyraloidea, pero también unos Noctuidae) en más de 15 especies de gramíneas (Potting *et al.*, 1997d). Por ejemplo, en África *C. flavipes* parasita dos especies de *Chilo* (Crambidae) y una de *Sesamia* (Noctuidae), aunque las larvas del parasitoide sufren más mortalidad en el último hospedero (Ngi-Song *et al.*, 1995). Al parecer, las especies de *Cotesia* son más generalistas que las especies de *Apanteles*, al menos entre cinco parasitoides de barrenadores de gramíneas —*A. deplanatus*, *A. minator* y las tres especies del complejo *C. flavipes*— y entre las últimas tres especies *C. flavipes* es la especie más generalista. Por otro lado, *Diatraea saccharalis* puede hospedar todos los cinco parasitoides mientras que *D. grandiosella* puede hospedar solo *C. chilonis* (Ngi-Song *et al.*, 1999; Alleyne y Wiedenmann, 2001a-b).

Un aspecto notable de la biología de *C. flavipes* es que la hembra oviposita en un ámbito amplio de hospederos (hasta Sphingidae en el laboratorio; Rodríguez-Perez *et al.*, 2005), pero no todas las especies de Lepidoptera aceptadas por la hembra son adecuadas para el desarrollo de la larva (Gifford y Mann, 1967). Estirpes de *C. flavipes* que vienen de diferentes regiones no muestran muchas diferencias en cuanto a la selección de hospederos por la hembra, pero si muestran diferencias en el éxito de las larvas en diferentes hospederos. El estirpe del Nuevo Mundo, que tiene más tiempo de coexistencia con *Diatraea saccharalis*, tiene más éxito en este hospedero que los estirpes del Viejo Mundo (Potting *et al.*, 1997d).

Uno de los obstáculos principales para la larva de un endoparasitoide es la respuesta inmunológica del hospedero, especialmente la encapsulación, donde ciertas células de la sangre (los plasmotocitos) se adhieren a la superficie de un objeto extraño como un parasitoide. Las larvas de *C. flavipes* sufren un bajo porcentaje de encapsulación en *Diatraea saccharalis* (13% en un estudio; Wiedenmann y Smith, 1995). Sin embargo, cuando la hembra ataca una segunda y tercera oruga, las larvas del parasitoide sufren más encapsulación que las larvas en la primera oruga atacada por la hembra (Scaglia *et al.*, 2005; es posible que esto se deba a la inyección de más virus en la primera oruga; ver más adelante). *Cotesia flavipes* sufre mucho más encapsulación en *D. grandiosella* (Alleyne y Wiedenmann, 2001a-b) y en *D. considerata* (Wiedenmann *et al.*, 2003). No se encontró información sobre la encapsulación en *D. tabernella* y aparentemente existen pocos estudios sobre el parasitismo de este hospedero por *C. flavipes* (Rodríguez *et al.*, 2004). En *Diatraea* la encapsulación empieza cuatro días después de la oviposición (cuando las larvas parasitarias acaba de eclosionarse), mientras que en *Ostrinia nubilalis* (Crambidae), lepidóptera que no hospeda ninguna especie del complejo *C. flavipes*, la encapsulación empieza dentro de 24 horas y mata los huevos del parasitoide (Alleyne

y Wiedenmann, 2001a). Cuando *C. flavipes* oviposita en Spingidae la encapsulación empiezan en dos horas (sin embargo la mayoría de las orugas mueren en la última etapa larval; Rodríguez-Perez *et al.*, 2005).

Una especie dada de hospedero puede variar en su idoneidad, dependiendo por ejemplo de la edad del hospedero en el momento de oviposición, la planta de que se alimenta el hospedero, etc. Cuando se dejan las hembras de *C. flavipes* a ovipositar en la 3°, 4°, 5° o 6° etapa larval de *Chilo partellus*, la mortalidad de las larvas es mayor en la 3° etapa (Ngi-Song *et al.*, 1995) y se han observado algo similar en *Diatraea saccharalis* (Campos-Farinha y Chaud-Netto, 1998). Cuando la oruga de *Chilo partellus* se alimenta de plantas con más nitrógeno, aumenta la fecundidad del prole de *C. flavipes* (Jiang y Schulthess, 2005). La idoneidad de *C. partellus* como hospedero disminuye cuando la oruga se alimenta de maíz transgénico (con genes de *Bacillus thuringiensis*) (Prütz y Dettner, 2004), pero en el caso de *Diatraea saccharalis* que se alimenta de caña de azúcar transgénica (con genes de lectin de *Galanthus*), los efectos son menores (Sétamou *et al.*, 2002a-b). Finalmente, si la hembra de *C. flavipes* oviposita en una larva de *Diatraea* que contiene una larva de Tachinidae, es poco probable que su prole sobreviva (Weir y Sagarzazu, 1998; Rossi, 2004).

## EL VIRUS QUE LA HEMBRA INYECTA EN EL HOSPEDERO

Los koinobiontes endoparasitarios tienen que pasar un largo período de tiempo dentro de un hospedero activo. No pueden debilitar seriamente al hospedero porque corren el riesgo de que éste (y ellos con él) sea presa de algún depredador. Al mismo tiempo, tienen que suprimir o eludir de alguna forma el sistema inmunológico del hospedero y esto lo pueden hacer de varias maneras; por ejemplo, el veneno de *Cotesia rubecula* contiene una proteína que interfiere con la activación de la profenoloxidasas de la hemolinfa del hospedero (Asgari *et al.*, 2003). No obstante, el veneno generalmente no es sino un componente más de los que entran en juego para combatir el sistema inmunológico del hospedero.

Algunas especies de Ichneumonidae y Braconidae inyectan en su hospedero virus singulares, los Polydnaviridae (resumen en Hanson y Gauld, 2006). A estos virus se les conoce como ichnovirus y bracovirus, respectivamente, y estos dos grupos de virus se originaron en forma independiente. La adquisición evolutiva de bracovirus por parte de Braconidae parece haber ocurrido una sola vez, en el ancestro del complejo de subfamilias microgastroides, y es probable que todas las especies en estas subfamilias portan los virus. En el género *Cotesia* se han observado estos virus en nueve especies, incluso

*C. flavipes*, pero han sido mejor estudiados en *C. congregata* y *C. rubecula*.

Cada especie de parasitoide tiene su propia especie de virus y todos los individuos lo portan. La singularidad de los virus poli-ADN consiste en que mantienen una relación de mutualismo obligado con estos himenópteros y se reproducen solamente en las hembras, a las que no les ocasionan ningún daño. Los virus se producen en los núcleos del forro del cáliz (la zona entre los ovarios y el oviducto), se acumulan en el lumen de los oviductos laterales y son inyectados al hospedero durante la oviposición. Después entran en algunas células del hospedero, donde se traducen en proteínas que tienen varios efectos en la fisiología del hospedero, sobre todo en inhibir las respuestas inmunológicas. De esa forma, la infección viral del hospedero genera un ambiente que resulta apropiado para el desarrollo de la larva de la avispa, pero mortal para el virus, pues no produce viriones. En lugar de esto, los provirus (segmentos lineales del ADN viral) se integran al ADN de los cromosomas de las avispas portadoras y se transmiten directamente de madre a descendiente.

El ADN viral está presente en todos los tejidos de la avispa y en ambos sexos. Además, se tienen indicios de que en *Cotesia congregata* el genoma viral se halla en un sitio particular del cromosoma 5 (Belle *et al.*, 2002). En esta especie la reproducción del virus aparentemente implica la remoción y posterior amplificación de una molécula de gran tamaño del cromosoma de la avispa y la subsiguiente remoción de círculos individuales. Luego de ser empacados, los viriones pasan de las células del cáliz al oviducto, lo cual en los bracovirus parece deberse a la ruptura de las células. En el oviducto, los viriones se mezclan con proteínas ováricas para formar el "el fluido del cáliz" que cubre los huevos.

Una vez en el hospedero, los viriones infectan los hemocitos y se movilizan a través de las láminas basales de los tejidos, infectando las células (p.ej. los cuerpos grasos). Luego entran en los núcleos, donde los genes virales son expresados, es decir, se traducen en proteínas. Al parecer los ichnovirus pueden suprimir el sistema inmunológico del hospedero independientemente del veneno, pero los bracovirus suelen operar en conjunto con el veneno y también con las proteínas que segregan los teratocitos (ver más adelante). Es más, la expresión de genes virales es pasajera en muchos bracovirus, pero persistente en los ichnovirus; o sea, las *Cotesia* pueden sobrevivir sin el virus durante la última parte de su desarrollo larval.

Una de las consecuencias más frecuentes de la presencia de Polydnaviridae en el hospedero es una disminución en la capacidad de los hemocitos de extenderse, lo que a veces se correlaciona con cambios morfológicos en dichas células. En *Cotesia rubecula* las

proteínas codificadas por el virus rompen el citoesqueleto de los hemocitos, lo que interfiere con el envío de moléculas adhesivas a la superficie de la célula (Asgari *et al.*, 1997). La última etapa de la encapsulación, la melanización, también se ve inhibida por al menos algunos Polydnviridae.

En los parasitoides que usan virus para contrarrestar el sistema inmunológico del hospedero, el mecanismo generalmente depende de las proteínas que se transcriben. No obstante, la transcripción tarda unas cuantas horas, período en que el huevo parasitoide es vulnerable a la encapsulación. Algunas especies recubren el huevo de una capa fibrosa que le brinda al menos algún tipo de protección, como en *Cotesia glomerata* (Kitano, 1986), donde la presencia del veneno también es necesaria para la protección del huevo. En *Cotesia rubecula*, la capa superficial del huevo está compuesta por una proteína que se produce en las células del cáliz (entre los ovarios y el oviducto) de la avispa adulta (esta proteína no es codificada por el virus, pero podría ser codificada por el provirus) y que podría funcionar por desactivación local de los hemocitos (Asgari *et al.*, 1998). Los huevos de *C. kariyai* están cubiertos de partículas de Polydnviridae y al parecer una proteína en la envoltura del virus disfrazado el huevo (Hayakawa y Yazaki, 1997).

### LOS TERATOCITOS: CÉLULAS CON VIDA PROPIA

Los huevos de los braconidos endoparasíticos carecen de yema y absorben los nutrientes de la hemolinfa del hospedero. De esa forma, el huevo se va hinchando, incluida la membrana serosa extraembrionaria que lo rodea. En varios endoparasitoides las larvas recién eclosionadas aparecen rodeadas de una masa celular serosa, pero ésta desaparece pronto. En las subfamilias del complejo microgastroide y unas otras subfamilias (Aphidiinae, Euphorinae, Macrocentrinae y Meteorinae) algunas células de la membrana serosa se desprenden y continúan creciendo en la hemolinfa del hospedero al mismo tiempo que la larva. Estas células, conocidas como teratocitos, se han encontrado únicamente en Scelionidae, Platygasteridae, Aphelinidae y Braconidae (resumen en Hanson y Gauld, 2006). Los miembros de las primeras tres familias normalmente producen menos de 40 teratocitos por huevo, pero los Braconidae producen entre 100 y 800 por huevo. En *Cotesia chilonis* y *C. flavipes* cada huevo produce alrededor de 200 teratocitos, pero este número se reduce más adelante (Alleyne *et al.*, 2001). Los teratocitos no experimentan ninguna división celular ulterior, aunque los cromosomas pueden duplicarse repetidamente.

Las secreciones de los teratocitos contribuyen a suprimir la respuesta inmunológica del hospedero, como

se ha señalado en *Cotesia glomerata* (Kitano *et al.*, 1990) y en *C. kariyai* (Tanaka y Wago, 1990), pero también tienen varias otras funciones. Una de las funciones más importantes de los teratocitos es la de colaborar en la alimentación de la larva parasitoide, por lo que las larvas pueden comerse los teratocitos directamente o ingerir los nutrientes que éstos liberan. Al parecer, la densa capa de microvellos que recubre a los teratocitos sirve para absorber y almacenar nutrientes (de la hemolinfa del hospedero). En *Cotesia kariyai*, los teratocitos secretan enzimas que abren agujeros en el cuerpo graso de la oruga hospedera, para que la segunda etapa larval del parasitoide pueda alimentarse de ese órgano (Nakamatsu *et al.*, 2002). En otro género de Microgasterinae, *Microplitis*, las secreciones de los teratocitos inhiben el almacenamiento de proteínas en el cuerpo graso (Scheepers *et al.*, 1998).

### LA MANIPULACIÓN DE HORMONAS Y COMPORTAMIENTO

Además de interactuar con el sistema inmunológico del hospedero, los koinobiontes endoparasíticos también interactúan con su sistema endocrino. En Cardiochilinae y Microgasterinae, el veneno, los virus, y posiblemente las secreciones de los teratocitos juegan un papel importante en detener la metamorfosis del hospedero. Poco antes de que la larva parasitoide mude a la tercera etapa, el hospedero deja de alimentarse y una serie de cambios neuroendocrinos y hormonales obstaculizan su muda y su pupación.

Los acontecimientos que conducen a la metamorfosis de los Lepidoptera comienzan en la última etapa larval. Al iniciar esta etapa, un pico en los niveles de esterasa de la hormona juvenil genera el descenso de la hormona juvenil en la hemolinfa, lo que, a su vez, estimula la glándula protorácica y genera un pico en la producción de ecdisona. Esto obliga a la larva a encaminarse hacia la pupación (después del estadio prepupal). Posteriormente, un segundo pico más fuerte en la producción de ecdisona induce la muda a prepupa. En esta cadena de sucesos cada especie parasitoide varía con respecto a la forma y el momento en que se previene la pupación. Por ejemplo, los hospederos parasitados por *Cotesia congregata* y *C. kariyai* no muestran un pico en los niveles de esterasa y, por lo tanto, no se observa el primer pico en la producción de ecdisona. Esto lo hace por desenlazar el control de la glándula protorácica por el cerebro (Kelly *et al.*, 1998). En contraste, *Microplitis croceipes* permite que el hospedero prepare la cámara de pupación, es decir, su desarrollo se prolonga hasta después del primer pico en la producción de ecdisona, pero se detiene antes del estadio prepupal (Scheepers *et al.*, 1998).

Con respecto al control hormonal del desarrollo del parasitoide, en *Cotesia congregata* la muda a la segunda etapa larval parece depender sobre todo del nivel de ecdisona del propio parasitoide. No obstante, para mudar a la tercera etapa larval, pareciera necesario un aumento en el nivel de ecdisona en la hemolinfa del hospedero, a lo que contribuye el parasitoide (Gelman *et al.*, 1998).

La parasitación suele inducir un menor forrajeo y un crecimiento disminuido en el hospedero, así como una serie de cambios en su metabolismo. Los parasitoides gregarios, por su parte, pueden reducir el crecimiento de las especies hospederas de mayor tamaño e incrementar el crecimiento de las especies hospederas más pequeñas (p.ej. en *C. congregata*; Harvey, 2000). En general, los hospederos parasitados tienden a mostrar una mayor digestibilidad aproximada, pero una menor eficiencia de conversión del alimento digerido, situación que en *Cotesia kariyai* se debe a la presencia del Polydnviridae y del veneno (Nakamatsu *et al.*, 2001). Los parasitoides también afectan la síntesis de carbohidratos del hospedero, quizás porque afectan las células endocrinas del intestino medio, las cuales normalmente liberan factores que regulan el metabolismo (p.ej. en *C. congregata*; Thompson y Dahlgren, 1998).

Los parasitoides a menudo manipulan el comportamiento del hospedero puesto que la selección natural debe favorecer aquellos parasitoides que disminuyen el riesgo de depredación de su hospedero y de hiperparasitismo. Uno de los cambios de comportamiento más comunes es el traslado del hospedero parasitado a un microhábitat anormal, sobre todo después de que ha terminado su periodo de alimentación. Por ejemplo, las orugas de Nymphalidae parasitadas por *Cotesia euphydryidis* se desplazan de la vegetación tupida en que se encuentran a sitios más expuestos, con lo que reducen significativamente el grado de hiperparasitismo (Stamp, 1981). La alimentación y locomoción del hospedero (Sphingidae) de *C. congregata* disminuye ocho horas antes de la salida de los parasitoides, lo cual aparentemente reduce el riesgo de que la oruga coma las pupas del parasitoide (Adamo *et al.*, 1997).

## LOS ESTADIOS INMADUROS Y EL CICLO DE VIDA

La mayoría de los Microgastrinae emerge del hospedero y pupa antes de que el hospedero haya hecho su capullo. Las larvas parasitoides pueden pupar en los restos del hospedero o cerca de ellos; el sitio en que confeccionan el capullo y su forma a menudo son distintivos de la especie. Las larvas de algunas especies gregarias de *Cotesia* van saliendo una a una de la oruga y van cayendo mientras esta camina, en tanto que, en otras

especies todas las larvas salen a un tiempo y forman un grupo compacto de capullos sobre la oruga. Las larvas de *Cotesia americana* (parasitoides de larvas de Sphingidae) forman una masa algodonosa que llega a medir hasta 7 cm. Otras especies de *Cotesia* pupan en hileras tan cuidadosamente alineadas que parecen panales de abejas. Aunque los capullos de *C. flavipes* y *C. sesamiae* son muy similares se pueden distinguirlas con métodos espectroscópicos (Cole *et al.*, 2003).

La duración del periodo entre oviposición y la salida de los adultos de la próxima generación es variable (depende de varios factores); en un estudio el promedio fue 21 días, 13 días de huevo-larva y 8 días de pupa (Wiedenmann y Smith, 1995). En *Chilo partellus* la capacidad de aumento poblacional de *C. flavipes* es 0,176 por hembra por día y la población se multiplica 30,72 veces durante un tiempo generacional promedio de 19.45 días (Nikam y Sathe, 1983).

## LITERATURA CITADA

1. ADAMO, S.A.; LINN, C.E.; BECKAGE, N.E. 1997. Correlation between changes in host behaviour and octopamine levels in the tobacco hornworm, *Manduca sexta*, parasitized by the braconid wasp parasitoid *Cotesia congregata*. *Journal of Experimental Biology* 200:117-127.
2. ALAM, M.M.; BENNETT, F.D.; CARL, K.P. 1971. Biological control of *Diatraea saccharalis* (F.) in Barbados by *Apanteles flavipes* Cam. and *Lixophaga diatraeae* T.T. *Entomophaga* 16:151-158.
3. ALLEYNE, M.; WIEDENMANN, R.N. 2001a. Encapsulation and hemocyte numbers in three lepidopteran stemborers parasitized by *Cotesia flavipes*-complex endoparasitoids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 100:279-293.
4. ALLEYNE, M.; WIEDENMANN, R.N. 2001b. Suitability of lepidopteran stemborers for parasitization by novel-association endoparasitoids. *BioControl*, 46: 1-23.
5. ALLEYNE, M.; WIEDENMANN, R.N.; DIAZ, R.R. 2001. Quantification and development of teratocytes in novel-association host-parasitoid combinations. *Journal of Insect Physiology* 47:1419-1427.
6. ARAKAKI, N.; GANAHA, Y. 1986. Emergence pattern and mating behavior of *Apanteles flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae). *Applied Entomology and Zoology* 21:382-388.
7. ASGARI, S.; SCHMIDT, O.; THEOPOLD, U. 1997. A Polydnvirus-encoded protein of an endoparasitoid wasp is an immune suppressor. *Journal of General Virology* 78:3061-3070.
8. ASGARI, S.; THEOPOLD, U.; WELLBY, C.; SCHMIDT, O. 1998. A protein with protective properties against the cellular defense reactions in insects. *Proceedings of the National Academy of Sciences (U.S.A.)* 95:3690-3695.
9. ASGARI, S.; ZAREIE, R.; ZHANG, G.; SCHMIDT, O. 2003. Isolation and characterization of a novel venom protein from an endoparasitoid, *Cotesia rubecula* (Hym: Braconidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 53:92-100.

10. AUSTIN, A.D.; DANGERFIELD, P.C. 1989. The taxonomy of New World microgastrine braconids (Hymenoptera) parasitic on *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae). *Bulletin of Entomological Research* 79:131-144.
11. BELLE, E.; BECKAGE, N.E.; ROUSSELET, J.; POIRIÉ, M.; LEMEUNIER, F.; DREZEN, J.-M. 2002. Visualization of polydnavirus sequences in a parasitoid wasp chromosome. *Journal of Virology* 76:5793-5796.
12. BENNETT, F.D. 1965. Tests with parasites of Asian graminaceous moth boerer on *Diatraea* and allied genera in Trinidad. Commonwealth Institute of Biological Control Technical Bulletin 5:101-116.
13. BORDAT, D.; GOUDEGNON, E.E.; BOUIX, G. 1994. Relationships between *Apanteles flavipes* (Hym.: Braconidae) and *Nosema bordati* (Microspora, Nosematidae) parasites of *Chilo partellus* (Lep.: Pyralidae). *BioControl* 39:21-32.
14. BOTELHO, P.S.M.; MACEDO, N. 2002. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*, p: 409-425. In: J.R.P. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira y J.M.S. Bento (eds). *Controle Biológico no Brasil. Parasitóides e Predadores*. Manole, São Paulo.
15. CAMPOS-FARINHA, A.E.; CHAUD-NETTO, J. 1998. Biología reproductiva de *Cotesia flavipes* (Cam) II. Efeito de múltiplas cópulas sobre o número de posturas, razão sexual e larvas que emergem do hospedeiro *Diatraea saccharalis* (F.). *Arquivos do Instituto Biológico* 65:57-61.
16. CAMPOS-FARINHA, A.E.; CHAUD-NETTO, J. 2000. Biología reproductiva de *Cotesia flavipes* (Cam) V. Avaliação do número de posturas, prole e razão sexual do parasitóide em relação ao tamanho do hospedeiro *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae). *Arquivos do Instituto Biológico* 67:249-252.
17. CAMPOS-FARINHA, A.E.; CHAUD-NETTO, J.; GOBBI, N. 2000. Biología reproductiva de *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: braconidae). IV. Discriminação entre lagartas parasitadas e não parasitadas de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae), tempo de esenvolvimento e razão sexual dos parasitóides. *Arquivos do Instituto Biológico* 67:229-234.
18. COLE, T.J.; RAM, M.S.; DOWELL, F.E.; OMWEGA, C.O.; OVERHOLT, W.A.; RAMASWAMY, S.B. 2003. Near-infrared spectroscopic methods to identify *Cotesia flavipes* and *Cotesia sesamiae* (Hymenoptera: Braconidae). *Annals of the Entomological Society of America* 96:865-869.
19. FIELD, S.A.; KELLER, M.A. 1994. Localization of the female sex pheromone gland in *Cotesia rubecula* Marshal (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Hymenoptera Research* 3:151-156.
20. FREITAS, M.R.T.; MENDONÇA, A.L.; NASCIMENTO, R.R.; SANTANA, A.E.G. 2004. Behavioural evidence for a female sex pheromone in *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Physiological Entomology*, 29:183-187.
21. GELMAN, D.B.; REED, D.A.; BECKAGE, N.E. 1998. Manipulation of fifth-instar host (*Manduca sexta*) ecdysteroid levels by the parasitoid wasp *Cotesia congregata*. *Journal of Insect Physiology* 44:833-843.
22. GIFFORD, J.R.; MANN, G.A. 1967. Biology, rearing, and a trial release of *Apanteles flavipes* in the Florida Everglades to control the sugarcane borer. *Journal of Economic Entomology* 60:44-47.
23. HANSON, P.E.; GAULD, I.D. (eds). 2006. Hymenoptera de la Región Neotropical. *Memoirs of the American Entomological Institute* 77:1-997.
24. HARVEY, J.A. 2000. Dynamic effects of parasitism by an endoparasitoid wasp on the development of two host species: implications for host quality and parasitoid fitness. *Ecological Entomology* 25:267-278.
25. HAYAKAWA, Y.; YAZAKI, K. 1997. Envelope protein of parasitic wasp symbiont virus, polydnavirus, protects the wasp eggs from cellular immune reactions by the host insect. *European Journal of Biochemistry* 246:820-826.
26. JIANG, N.; SCHULTHESS, F. 2005. The effect of nitrogen fertilizer application to maize and sorghum on the bionomics of *Chilo partellus* (Lepidoptera: Crambidae) and the performance of its larval parasitoid *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Bulletin of Entomological Research* 95:495-504.
27. KAJITA, H.; DRAKE, E.F. 1969. Biology of *Apanteles chilonis* and *A. flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), parasites of *Chilo suppressalis*. *Mushi* 42:163-179.
28. KELLY, T.J.; GELMAN, D.B.; REED, D.A.; BECKAGE, N.E. 1998. Effects of parasitization by *Cotesia congregata* on the brain-prothoracic gland axis of its host, *Manduca sexta*. *Journal of Insect Physiology* 44:323-332.
29. KIMANI, S.W.; OVERHOLT, W.A. 1995. Biosystematics of the *Cotesia flavipes* complex (Hymenoptera: Braconidae): interspecific hybridization, sex pheromone and mating behaviour studies. *Bulletin of Entomological Research* 85:379-386.
30. KIMANI-NJOGU, S.W.; OVERHOLT, W.A.; WOOLLEY, J.; WALKER, A. 1997. Biosystematics of the *Cotesia flavipes* species complex (Hymenoptera: Braconidae): morphometrics of selected allopatric populations. *Bulletin of Entomological Research* 87:61-66.
31. KIMANI-NJOGU, S.W.; OVERHOLT, W.A.; WOOLLEY, J.; OMWEGA, C.O. 1998. Electrophoretic and phylogenetic analyses of selected allopatric populations of the *Cotesia flavipes* complex (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of cereal stemborers. *Biochemical Systematics and Ecology* 26:285-296.
32. KITANO, H. 1986. The role of *Apanteles glomeratus* venom in the defensive response of its host, *Pieris rapae crucivora*. *Journal of Insect Physiology* 32:369-375.
33. KITANO, H.; WAGO, H.; ARAKAWA, T. 1990. Possible role of teratocytes of the gregarious parasitoid, *Cotesia* (= *Apanteles*) *glomerata* in the suppression of phenoloxidase activity in the larval host, *Pieris rapae crucivora*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 13:177-185.
34. LEERDAM, M.B. VAN; SMITH, J.W.; FUCHS, T.W. 1985. Frass-mediated, host-finding behavior of *Cotesia flavipes*, a braconid parasite of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Annals of the Entomological Society of America* 78:647-650.
35. MACEDO, N.; ARAUJO, J.R.; BOTELHO, P.S.M. 1993. Sixteen years of biological control of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae) by *Cotesia flavipes* (Cam.) (Hymenoptera: Braconidae) in the State of São Paulo, Brasil. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 22:441-448.
36. MICHEL-SALZAT, A.; WHITFIELD, J.B. 2004. Preliminary evolutionary relationships within the parasitoid wasp genus *Cotesia* (Hymenoptera: Braconidae: Microgastrinae): combined analysis of four genes. *Systematic Entomology* 29:371-382.

37. MOCHIAH, M.B.; NGI-SONG, A.J.; OVERHOLT, W.A.; STOUTHAMER, R. 2002. *Wolbachia* infection in *Cotesia sesamiae* (Hymenoptera: Braconidae) causes cytoplasmic incompatibility: implications for biological control. *Biological Control* 25:74-80.
38. NAKAMATSU, Y.; GYOTOKU, Y.; TANAKA, T. 2001. The endoparasitoid *Cotesia kariyai* (Ck) regulates the growth and metabolic efficiency of *Pseudaletia separata* larvae by venom and Ck polydnavirus. *Journal of Insect Physiology* 47:573-584.
39. NAKAMATSU, Y.; FUJII, S.; TANAKA, T. 2002. Larvae of an endoparasitoid, *Cotesia kariyai* (Hymenoptera: Braconidae), feed on the host fat body directly in the second stadium with the help of teratocytes. *Journal of Insect Physiology* 48:1041-1052.
40. NGI-SONG, A.J.; OVERHOLT, W.A. 1997. Host location and acceptance by *Cotesia flavipes* Cameron and *Cotesia sesamiae* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of African gramineous stemborers: Role of frass and other host cues. *Biological Control*, 9: 136-142.
41. NGI-SONG, A.J.; OVERHOLT, W.A.; AYERTEY, J.N. 1995. Suitability of African gramineous stemborers for development of *Cotesia flavipes* and *C. sesamiae* (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental Entomology* 24:978-984.
42. NGI-SONG, A.J.; OVERHOLT, W.A.; NJAGI, P.G.N.; DICKE, M.; AYERTEY, J.A.; LWANDE, W. 1996. Volatile infochemicals used in host and host habitat location by *Cotesia flavipes* Cameron and *Cotesia sesamiae* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae), larval parasitoids of stemborers on gramineae. *Journal of Chemical Ecology* 22:307-323.
43. NGI-SONG, A.J.; OVERHOLT, W.A.; SMITH, J.W.; VINSON, S.B. 1999. Suitability of new and old association hosts for the development of selected microgastrine parasitoids of gramineous stemborers. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 90:257-266.
44. NGUMBI, E.; NGI-SONG, A.; NJAGI, E.; TORTO, R.; WADHAMS, L.; BIRKETT, M.; PICKETT, J.; OVERHOLT, W.; TORTO, B. 2005. Responses of the stem borer larval endoparasitoid *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) to plant derived synomones: laboratory and field cage experiments. *Biocontrol Science and Technology*, 15:271-279.
45. NIKAM, P.K.; SATHE, T.V. 1983. Life tables and intrinsic rate of natural increase of *Cotesia flavipes* (Cam.) (Hymen., Braconidae) population on *Chilo partellus* (Swin.) (Lep., Pyralidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 95:171-175.
46. POLASZEK, A.; WALKER, A.K. 1991. The *Cotesia flavipes* species complex: parasitoids of cereal stemborers in the tropics. *Redia* 74:335-341.
47. POTTING, R.P.J.; VET, L.E.M.; DICKE, M. 1995. Host microhabitat location by stemborer parasitoid *Cotesia flavipes*: the role of herbivore volatiles and locally and systemically induced plant volatiles. *Journal of Chemical Ecology* 21:525-539.
48. POTTING, R.P.J.; OTTEN, H.; VET, L.E.M. 1997a. Absence of odour learning in the stemborer parasitoid *Cotesia flavipes*. *Animal Behaviour* 53:1211-1223.
49. POTTING, R.P.J.; OVERHOLT, W.A.; DANSO, P.O.; TAKASU, K. 1997b. Foraging behavior and life history of the stemborer parasitoid *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Insect Behavior* 10:13-29.
50. POTTING, R.P.J.; SNELLEN, H.M.; VET, L.E.M. 1997c. Fitness consequences of superparasitism and mechanism of host discrimination in stemborer parasitoid *Cotesia flavipes*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 82:341-348.
51. POTTING, R.P.J.; VET, L.E.M.; OVERHOLT, W.A. 1997d. Geographic variation in host selection behaviour and reproductive success in the stemborer parasitoid *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Bulletin of Entomological Research* 87:515-524.
52. PRÜTZ, G.; DETTNER, K. 2004. Effect of Bt corn leaf suspension on food consumption by *Chilo partellus* and life history parameters of its parasitoid *Cotesia flavipes* under laboratory conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 111:179-187.
53. RISCO-BRICEÑO, S.H. 1996. Exitos históricos de taquínidos y braconidos en el control biológico de *Diatraea* en caña de azúcar cultivada en América. *Revista Peruana de Entomología* 39:85-90.
54. RODRÍGUEZ, V.; CHAVARRÍA, L.; GÓMEZ, I.; PENALOZA, Y.; TEJADA, M. 2004. Desarrollo del parasitoide *Cotesia flavipes* Cámeron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae) en *Diatraea tabernella* Dyar y *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Pyralidae), y su efectividad en el control de *Diatraea tabernella*. *Tecnociencia* 6(1).
55. RODRÍGUEZ-PÉREZ, M.A.; DUMPIT, R.F.; LENZ, J.M.; POWELL, E.N.; TAM, S.Y.; BECKAGE, N.E. 2005. Host refractoriness of the tobacco hornworm, *Manduca sexta*, to the braconid endoparasitoid *Cotesia flavipes*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 60(4):159-171.
56. ROSSI, M.N. 2004. Evidences of non-additive effects of multiple parasitoids on *Diatraea saccharalis* Fabr. (Lep., Crambidae) populations in sugarcane fields in Brazil. *Journal of Applied Entomology* 128:88-94.
57. RUTLEDGE, C.E.; WIEDENMANN, R.N. 1999. Habitat preferences of three congeneric braconid parasitoids: implications for host-range testing in biological control. *Biological Control* 16:144-154.
58. SALLAM, M.N.; OVERHOLT, W.A.; KAIRU, E. 2001. Dispersal of the exotic parasitoid *Cotesia flavipes* in a new ecosystem. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 98:211-217.
59. SALLAM, M.N.; OVERHOLT, W.A.; KAIRU, E. 2002. Intraspecific and interspecific competition between *Cotesia flavipes* and *Cotesia sesamiae* (Hymenoptera: Braconidae), gregarious larval endoparasitoids of lepidopteran stemborers. *Biocontrol Science and Technology* 12:493-506.
60. SATO, Y.; OHSAKI, N. 1987. Host-habitat location by *Apanteles glomeratus* and effect of food-plant exposure on host-parasitism. *Ecological Entomology* 12:291-297.
61. SCAGLIA, M.; CHAUD-NETTO, J.; BROCHETTO-BRAGA, M.R.; CEREGATO, S.A.; BOBBI, N.; RODRIGUES, A. 2005. Oviposition sequence and offspring of mated and virgin females of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Diatraea saccharalis* larvae (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases* 11:283-298.
62. SCHEPERS, E.J.; DAHLMAN, D.L.; ZHANG, D. 1998. *Microplitis croceipes* teratocytes: *in vitro* culture and biological activity of teratocyte secreted protein. *Journal of Insect Physiology* 44:767-777.

63. SÉTAMOU, M.; BERNAL, J.S.; LEGASPI, J.C.; MIRKOV, T.E. 2002a. Effects of snowdrop lectin (*Galanthus nivalis* agglutinin) expressed in transgenic sugarcane on fitness of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the nontarget pest *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Annals of the Entomological Society of America* 95:75-83.
64. SÉTAMOU, M.; BERNAL, J.S.; LEGASPI, J.C.; MIRKOV, T.E. 2002b. Parasitism and location of sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae) by *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) on transgenic and conventional sugarcane. *Environmental Entomology* 31:1219-1225.
65. SHAMI, S.; MOHYUDDIN, A.I. 1992. Studies on host plant preference of *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) an important parasitoid of graminaceous stalk borers. *Pakistan Journal of Zoology* 24:313-316.
66. SMITH, P.T.; KAMBHAMPATI, S. 1999. Status of the *Cotesia flavipes* species complex (Braconidae: Microgastrinae) based on mitochondrial 16S rRNA and NADH 1 dehydrogenase gene sequence. *Journal of the Kansas Entomological Society* 72:306-314.
67. STAMP, N.E. 1981. Behavior of parasitized aposematic caterpillars: advantageous to the parasitoid or the host? *American Naturalist* 118:715-725.
68. TAGAWA, J. 1983. Female sex pheromone glands in the parasitic wasps, genus *Apanteles*. *Applied Entomology and Zoology* 18:416-427.
69. TAKASU, K.; OVERHOLT, W.A. 1996. Oviposition behavior of *Cotesia flavipes* and *Gornozus indicus*, larval parasitoids of the lepidopteran stemborer *Chilo partellus*. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* 40:308-310.
70. TANAKA, T.; WAGO, H. 1990. Ultrastructural and functional maturation of teratocytes of *Apanteles kariyai*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 13:187-197.
71. THOMPSON, S.N.; DAHLMAN, D.L. 1998. Aberrant nutritional regulation of carbohydrate synthesis by parasitized *Manduca sexta* L. *Journal of Insect Physiology* 44:745-753.
72. VEJAR-COTA, G.; ECHEVERRÍA, N.E.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. 2005. Parasitism and development of *Conura acuta* (Hymenoptera: Chalcididae) on sugarcane stalkborers (Lepidoptera: Crambidae) in Mexico. *Environmental Entomology* 34:1122-1128.
73. WIEDENMANN, R.N.; SMITH, J.W. 1993. Functional response of the parasite *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) at low densities of the host *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental Entomology* 22:849-858.
74. WIEDENMANN, R.N.; SMITH, J.W. 1995. Parasitization of *Diatraea saccharalis* by *Cotesia chilonis* and *Cotesia flavipes*. *Environmental Entomology* 24:950-961.
75. WIEDENMANN, R.N.; SMITH, J.W.; DARNELL, P.O. 1992. Laboratory rearing and biology of the parasite *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) using *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) as a host. *Environmental Entomology* 21:1160-1167.
76. WIEDENMANN, R.N.; SMITH, J.W.; RODRIGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. 2003. Host suitability of the New World stalkborer *Diatraea considerata* for three Old World *Cotesia* parasitoids. *BioControl* 48:659-669.
77. WEIR, E.H.; SAGARZAZU, L. 1998. Interspecific competition between *Metagonystilum minense* (Diptera: Tachinidae) and *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) parasitoids of sugarcane borers (*Diatraea* spp., Lepidoptera: Pyralidae). *Revista de Biología Tropical* 46:1135-1139.
78. YAMAUCHI, M.N.; GOBBI, N.; CHAUD-NETTO, J.; CAMPOS-FARINHA, A.E. 1997. Relationship between number of ovipositions of *Cotesia flavipes* (Cam.) and number of descendents emerged from its host *Diatraea saccharalis*. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 26:87-91.
79. ZHOU, G.; OVERHOLT, W.A. 2001. Spatial-temporal population dynamics of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) in Kenya. *Environmental Entomology* 30:869-876.

## DESCRIPCION, MANEJO Y CONTROL DEL BARRENADOR COMUN DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZUCAR EN COSTA RICA

Jose Daniel Salazar Blanco, Rodrigo Oviedo, Carlos E. Sáenz  
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar  
e-mail: jsalazar@laica.co.cr, roviedo@laica.co.cr, csaenz@laica.co.cr

### RESUMEN

Se presenta una descripción de los hábitos de vida, especies y distribución del Barrenador Común del Tallo de la Caña de Azúcar. Se señalan los principales daños en el cultivo y sus implicaciones en los rendimientos agrícolas, industriales y económicos. Se indican los dos principales métodos de evaluación de la presencia de la plaga. Se hace referencia al método de control de la plaga recomendado en Costa Rica por medio del parasitoide de larvas *Cotesia flavipes*; se presenta información a cerca de la producción de este parasitoide en laboratorio, su liberación y distribución en el país, localidades y área cubierta y los niveles de parasitismo reportados. Además, se hace referencia a otros organismos que ejercen control sobre diferentes estados de vida de la plaga.

### INTRODUCCION

La producción de caña de azúcar está distribuida prácticamente en todo el país, sin embargo es posible ubicar seis regiones geográficas principales bien definidas: Pacífico Seco, Pacífico Central, Valle Central Occidental y Oriental, Región Norte y Región Sur. Cada una de esas regiones posee características y condiciones productivas muy diferentes y particulares, que hacen que el potencial productivo, la expectativa de rendimientos industriales y los costos involucrados varíen significativamente. Esas mismas condiciones, por lo tanto, influyen en el comportamiento y distribución de las plagas (Chaves, 1999<sup>a</sup>). Existe diversidad de climas y suelos, cultivándose caña de azúcar en pisos altitudinales que van desde los 0 hasta 1.550 m.s.n.m, con precipitaciones que oscilan entre los 1.700 y 3.900 mm acumulados / año, gran variabilidad en las temperaturas máximas y mínimas, así como zonas con estaciones seca y lluviosa definidas mientras en otras no se encuentra un periodo seco de más de dos meses.

Existen cerca de 51.000 hectáreas cultivadas, de las cuales se extraen aproximadamente 3,6 millones de toneladas métricas de caña de azúcar que son procesadas en los ingenios del país. El rendimiento industrial

promedio es de 105,8 kilogramos de azúcar por tonelada de caña, produciendo más de 7,6 millones de bultos de azúcar (96°pol) (Zafra 2005-2006).

La agroindustria azucarera ha realizado una serie de variantes tecnológicas que han influido positivamente en el incremento de la productividad. Además está realizando cambios importantes con el objeto de que las técnicas de manejo y cosecha sean amigables con el ambiente, esto como resultado de la preocupación ambiental existente en los sectores agrícola e industrial (Salazar y Oviedo, 2003).

En los cultivos extensivos es común encontrar insectos que se comportan como plagas agrícolas, principalmente como consecuencia de desequilibrios ecológicos ocasionados por el manejo inadecuado de las plantaciones. Los insectos ocasionan daños a los cultivos, pero cuando ese daño afecta económicamente la plantación, los insectos son considerados plagas (Salazar y Oviedo, 2003).

En caña de azúcar existe un grupo importante de plagas que provocan daños en diferentes épocas del año, en las diferentes etapas de desarrollo de la planta, que afectan raíz, tallo o las hojas. La importancia de las mismas depende del nivel de daño ocasionado y su relación directa con la producción (Salazar y Oviedo, 2003).

CUADRO 1  
Características Edafoclimáticas de las Regiones Cañeras de Costa Rica

REGION	ALTITUD (m.s.n.m)	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACION (mm)	ORDEN SUELOS	AREA (HA) ESTIMADA	CICLO DE CULTIVO
Pacífico Seco	0-150	27.0	1.700	Inceptisol	23.400	9-12
Canas, Bagaces, Liberia, Carrillo, Santa Cruz		33.0 22.4		Vertisol Molisol		
Pacífico Central	0-350	23.0	2.200	Inceptisol	6.400	9-12
Puntarenas, Miramar		32.9 23.0		Alfisol		
Valle Central Occidental	530-1.500	22.4	2.900	Andisol	5.000	11-16
Grecia, Atenas, V. Vega, San Ramón, Alajuela		30.0 17.0		Inceptisol Alfisol		
Valle Central Oriental	550-1.550	22.3	2.880	Ultisol	4.900	11-24
Juan Viñas, Turrialba		29.6 14.9		Andisol Inceptisol		
Región Norte	40-680	23.6	3.930	Ultisol	7.100	9-12
San Carlos, Los Chiles		30.4 18.8		Inceptisol		
Región Sur	400-750	23.9	3.280	Ultisol	4.300	10-13
Pérez Zeledón, B. Aires		31.0 19.3		Inceptisol		

FUENTE: CHAVES, 1999, adaptado por SALAZAR

Las plagas que mayor incidencia económica y prioridad tienen son el taladrador (barrenador) común del tallo (*Diatraea* spp.), la baba de culebra (*Aeneolamia* spp., *Prosapia* sp.), los jobotos (*Phyllophaga* spp.), el picudo (*Metamasius hemipterus*), cigarrita antillana (*Saccharosydne saccharivora*), taladrador mayor del tallo (*Castnia licus*) y taladrador menor del tallo (*Elasmopalpus lignosellus*) (Chaves, 1999b).

## OBJETIVO

Presentar los resultados obtenidos en Costa Rica en el manejo y control biológico del Barrenador Común del Tallo (*Diatraea* spp).

## METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la elaboración de este documento consistió en recopilar y presentar información generada durante los últimos veintidós años en Costa Rica en el control del Barrenador Común del Tallo.

Se consideró los resultados obtenidos en el campo en la ejecución de diferentes actividades, proyectos y estrategias que han sido valoradas y documentadas con el apoyo incondicional del sector azucarero nacional. También se presenta información de los resultados

obtenidos con las liberaciones del parasitoide *Cotesia flavipes*, producido de manera masiva en el laboratorio.

### 1. DESCRIPCION DEL BARRENADOR COMUN DEL TALLO

El Barrenador Común ha sido catalogado durante muchos años como el principal problema entomológico en caña de azúcar. Este insecto pertenece al orden de los lepidópteros (FAM: Crambidae), se encuentra distribuido en todas las regiones cañeras del país a diferentes pisos altitudinales y condiciones de clima. En esa diversidad de condiciones se reportan tres especies de *Diatraea* distribuidas según los pisos altitudinales. *Diatraea guatemalaella* (Shaus) es considerada actualmente como la de mayor importancia por su amplia distribución en el país pudiéndose encontrar en Pérez Zeledón, el Valle Central, San Carlos y Guanacaste. *D. tabernella* (Dyar) se encuentra en regiones altas de San Carlos, San Ramón y Juan Viñas; mientras que *D. saccharalis* (Fabricius) se ubica en algunas áreas del Valle Central, del Pacífico Seco y San Carlos.

Las dos primeras especies presentan un ciclo de vida entre 50 y 60 días, mientras que en el caso de *D. saccharalis* es aproximado a los 45-50 días (Salazar y Oviedo, 2003 y Salazar y Oviedo, 2004).



Figura 1. Especies del Barrenador Común reportadas en Costa Rica: *Diatraea guatemalella*, *D. tabernella* y *D. saccharalis*. Fotos: J.D. Salazar 1997.

Sus hábitos de vida y alimentación son características que le permiten pasar inadvertida durante los diferentes estados fenológicos del cultivo; el adulto revolotea, copula y oviposita por las noches, durante el día reposa entre hojarasca y lugares frescos de la plantación y áreas colindantes; los estadios de larva y pupa se localizan dentro del tallo, mientras los huevecillos, colocados en grupos en el envés de la hoja son difíciles de observar.

Esta plaga tiene un potencial de dispersión y establecimiento en el campo muy alto, lo que hace ocurran colonizaciones año con año. De manera paralela, los daños pueden incrementarse si no se realiza ningún control sobre la misma.

Aquellas regiones donde se cosecha en periodos de 16 a 24 meses (ciclos bianuales) las poblaciones se presentan durante todo el año debido a que existe caña en todos los estados fenológicos lo que expone el cultivo durante un periodo de tiempo mayor al ataque del barrenador, además son zonas con un alto nivel de precipitaciones durante gran parte del año lo que también favorece la presencia del barrenador. Donde se cosecha caña a los 10-12 meses y se presenta una estación seca definida de 5-6 meses, la fluctuación poblacional se presenta durante la estación lluviosa (junio-noviembre), aunque ello no implica que durante la época seca el barrenador este ausente. Dependiendo de la especie y la región se puede tener de 4 a 6 generaciones de la plaga durante el año. (Salazar, *et al.* 2000).

## 2. DAÑOS

Si bien existe alguna relación del comportamiento biológico de la plaga con la época lluviosa, la misma puede estar presente en las plantaciones durante todo el año, siendo, quizás el factor que tiene más influencia el estado fenológico del cultivo. Se pueden encontrar estados de huevo y larvas en plantaciones de más de 2,5 – 3,0 meses de edad. Las larvas que emergen del huevo migran hacia puntos tiernos del tallo que le permiten ingresar al mismo

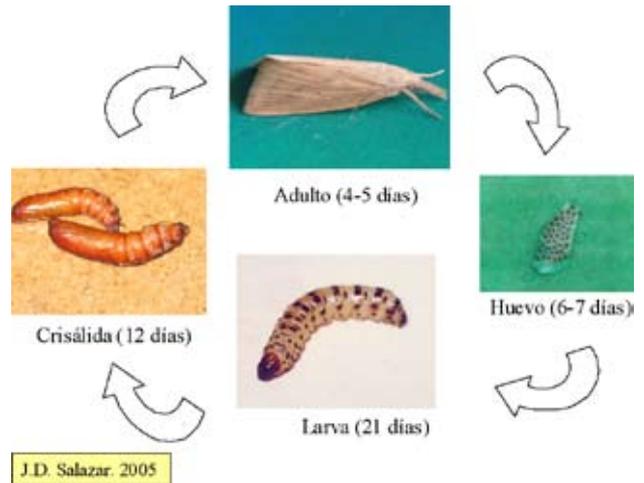


Figura 2. Ciclo de Vida del Barrenador Común del Tallo (*Diatraea* spp.) Fotos: J.D. Salazar 1997.

para alimentarse hasta pasar al estado de pupa.

Los daños que provoca son directos e indirectos, además tienen relevancia agrícola e industrial. Las larvas perforan el tallo y construyen galerías, provocando la muerte del meristemo apical, daño conocido como "corazón muerto". También hacen galerías transversales en los tallos causando la quebradura o volcamiento de las cañas, lo cual provoca la formación de brotes laterales y la pérdida de peso y acumulación de azúcares en los tallos.

Los daños indirectos son considerables, ya que por los orificios y galerías horizontales penetran otros insectos de importancia secundaria con capacidad de incrementar los daños como es el caso del picudo de la caña (*Metamasius hemipterus*; Col: Curculionidae). Los hongos saprófitos *Colletotrichum falcatum* Went y *Fusarium moniliforme* Sheldon, causan la "pudrición roja" siendo responsables de la inversión de la sacarosa a azúcares no cristalizables, disminución de la pureza del jugo y dificultando la clarificación lo que provoca menor rendimiento de sacarosa (Badilla, 1994; Quirós, 2000).

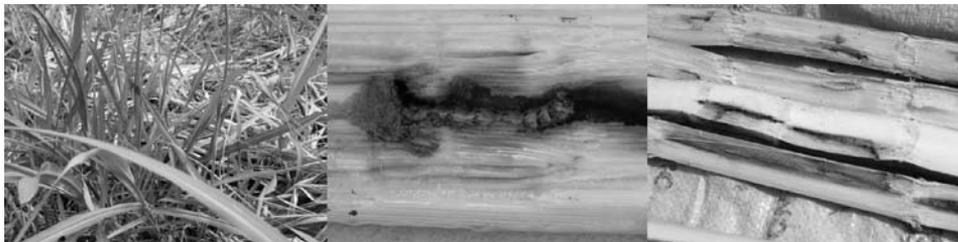


Figura 3. Daños ocasionados por el barrenador en tallos jóvenes y molederos. Fotos: J.D. Salazar, 2004.

### 3. PERDIDAS AGROINDUSTRIALES Y ECONOMICAS

Todo ese complejo de daño (Barrenador - Picudo - Pudrición Roja) provoca importantes pérdidas económicas a los productores e ingenios. Se han efectuado valoraciones de las pérdidas que este insecto provoca, encontrándose disminuciones en los rendimientos de azúcar de hasta el 40% cuando se realiza el análisis industrial a un grupo de entrenudos dañados (Quirós, 2000).

A continuación se describen dos parámetros de utilidad para las estimaciones de pérdidas en el cultivo al momento de la cosecha:

**Factor de Pérdida (FP):** Es un método de valoración de las pérdidas potenciales que son causadas por los daños descritos. Es un buen parámetro resultado de la investigación en el campo y de datos obtenidos en las fincas al momento de la cosecha. Se ha determinado en las principales regiones cañeras que las pérdidas están en un rango de 0,320 a 0,676 Kg. de azúcar/t caña por cada 1% de Intensidad de Infestación (Cuadro 2).

FP = Valor expresado en Kg azúcar/t caña perdidos por cada 1 % de Intensidad de Infestación

**Intensidad de Infestación (I.I.):** Índice porcentual (%) que nos indica el daño provocado por el barrenador del tallo

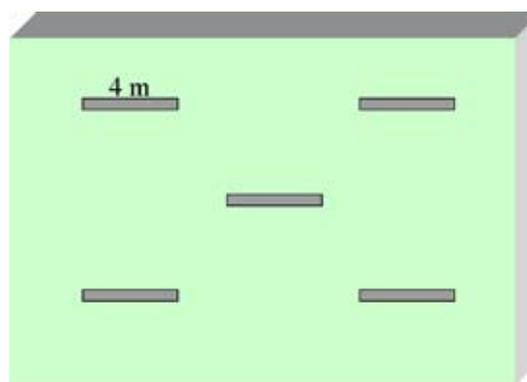
I.I. = Porcentaje de entrenudos dañados del total de entrenudos de una muestra

A partir de esa información, se pueden realizar cálculos teóricos bajo diversos escenarios de daño, producción y tamaño de finca que reflejan las pérdidas de azúcar y las pérdidas económicas.

### 4. MONITOREO DE POBLACIONES DE LARVAS

Uno de los principios básicos para el manejo adecuado del barrenador del tallo de la caña de azúcar

utilizando el parasitoide *C. flavipes*, es conocer el nivel poblacional larvas de esta plaga. En Costa Rica se determina mediante el muestreo de plantaciones en edades de dos a seis meses diagnosticando el síntoma conocido como corazón muerto, que es el resultado de la destrucción del meristemo apical por la larva del barrenador y que se manifiesta en la hoja más nueva de la planta, la cual se torna clorótica y llega a secarse completamente. La metodología de muestreo consiste en observar, entresacar y abrir longitudinalmente los tallos que presenten ese síntoma para determinar la presencia de larvas de *Diatraea* spp. Para ello se ubican cinco estaciones de muestreo de cuatro metros lineales por hectárea tal como lo presenta el esquema, para un total de 20 m. lineales (Salazar, 1999).



Esquema 1. Distribución espacial para muestrear la densidad de larvas de *Diatraea* spp.

La información generada permite calcular la densidad poblacional del barrenador en la plantación y la cantidad de avispas que se deben liberar. Se considera que cuando se encuentran densidades poblacionales superiores a 1500 larvas/ha (NC) es necesario liberar el parasitoide, utilizando una relación de 4:1 por larva.

CUADRO 2

Valores de Factor de Pérdida determinados en diferentes localidades de Costa Rica. Fuente: Quirós, 2000, Morera, 2005 y Salazar.

LOCALIDAD	ALTITUD (m.s.n.m)	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACION (mm)	VARIEDAD	ESPECIE	FACTOR DE PERDIDA (KG)
Cañas	25	27,8	1466	SP 79-2233	D. guatemallella	0.320
San Carlos	65	26,0	3500	PINDAR	D. guatemallella	0.435
Grecia	1000	22,4	2900	SP 71-5574	D. guatemallella	0.505
Juan Viñas	1065	20,0	3500	H 61-1721	D. tabernella	0.590
Pérez Zeledón	560	23,9	3280	SP 71-5574	D. guatemallella	0.604

## 5. METODOLOGIA DE MUESTREO EN FRENTE DE CORTE

Como se señaló anteriormente, los muestreos al momento de la cosecha para la determinación de los niveles de daño provocados por el barrenador y las pérdidas ocasionadas al cultivo son de gran utilidad. La metodología consiste en tomar de la ruma diez cañas al azar por hectárea, las cuales se revisan para observar la presencia de perforaciones ocasionadas por la larva y determinar de esa manera el índice de infestación, dado por la fórmula:

$$I = \text{cañas perforadas} / \text{total de cañas de la muestra} * 100$$

Posteriormente, se procede a abrir longitudinalmente aquellos tallos que presentaron perforaciones con el objeto de contabilizar la cantidad de entrenudos barrenados, para así determinar la intensidad de infestación, de mayor uso e importancia respecto al índice anterior:

$$II = \text{entrenudos barrenados} / \text{total de entrenudos} * 100$$

Con estos datos se podrá estimar la necesidad de implementación de estrategias de manejo y control de la plaga así como la eficiencia de las mismas y del programa de control. En Costa Rica la meta es mantener los niveles de daño en valores inferiores al 3,0% (Salazar, 1999).

## 6. CONTROL BIOLÓGICO

Dentro de las estrategias de control de plagas, en Costa Rica se ha utilizado desde el año 1985 el Combate Biológico, siendo el parasitoide de larvas de ese barrenador, *Cotesia flavipes*, el principal controlador empleado. Los daños ocasionados por esta plaga diagnosticados en esa década mostraban niveles alarmantes de pérdidas durante la cosecha, lo que motivo que se le diera la importancia debida e implicó modificaciones en el manejo del cultivo, incluso un cambio en el componente de variedades en algunas regiones del país, así como el establecimiento de un Programa de Control Biológico del Barrenador mediante la liberación de parasitoides de estadios larvales de la plaga.

### 6.1 PARASITOIDE *Cotesia flavipes* (HYM: BRACONIDAE)

Este parasitoide tiene una longitud de 2 mm, el cuerpo es negro, patas amarillas a castañas pálidas, antenas situadas encima de una repisa entre los ojos compuestos; la hembra tiene las antenas más cortas que el macho. Su origen es el sur-este de Asia. Fue importado por primera vez a Costa Rica en 1984.

Este parasitoide coloca gran cantidad de huevos dentro de la larva del hospedero (endoparasitoide gregario). La hembra entra en el túnel del hospedero para parasitar la larva del tercer al sexto instar. Existen sustancias químicas (kairomonas) que el parasitoide identifica, las cuales son una guía para encontrar la larva. Las larvas del parasitoide se alimentan del tejido graso acumulado por el hospedero. Al terminar su desarrollo, cada larva hila un capullo blanco donde pasará su estado de pupa. Cerca de seis días después emergen los adultos de los capullos, copulan y las hembras fértiles buscan nuevos hospederos. Su ciclo de vida es cercano a los 21 días (Cave, 1995; Salazar J.D., 2003).

Se ha demostrado que este insecto tiene una amplia capacidad de búsqueda y adaptación a las diferentes condiciones de clima prevalecientes en el país. Además tiene la capacidad de parasitar las tres especies de la plaga reportadas.

La metodología utilizada para la liberación del parasitoide consiste en determinar las poblaciones de larvas del barrenador, mediante los muestreos en las plantaciones

CUADRO 3  
Niveles de daño causados por *Diatraea* spp. en Costa Rica

ZAFRA	PORCENTAJES	
	INFESTACION	INTENSIDAD DE INFESTACION
1988-89	27,30	3,07
1989-90	-	-
1990-91	32,90	3,63
1991-92	26,10	2,28
1992-93	21,20	2,55
1993-94	22,90	2,84
1994-95	34,20	5,24
1995-96	-	-
1996-97	18,30	2,20
1997-98	26,50	3,18
1998-99	14,90	1,70
1999-00	16,10	2,21
2000-01	21,60	2,47
2001-02	26,14	2,95
2002-03	10,34	1,14
2003-04	14,02	1,35
2004-05	12,59	1,85
PROMEDIO	21,67	2,58

-Información NO disponible

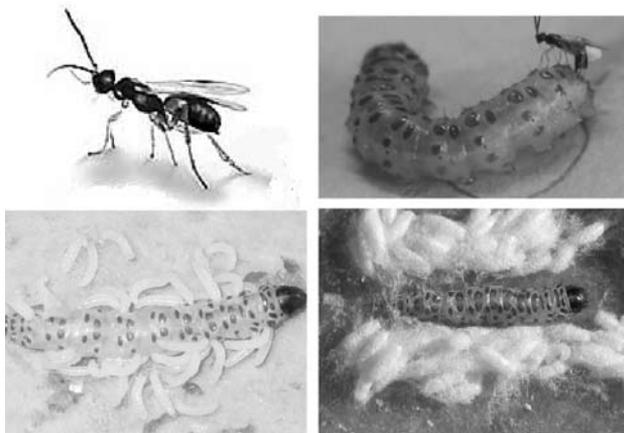


Figura 4. Modo de Acción del Parasitoide *C. flavipes*.  
Fotos: La Nación, 2002 y J.D. Salazar, 2003

como se señaló anteriormente, procediendo a calcular y liberar la cantidad de avispas necesarias por lote.

La liberación del parasitoide se realiza en su estado adulto y para la correcta distribución en el campo se utilizan criterios técnicos que permitan la cobertura más adecuada en la plantación. A este insecto se le debe proveer de condiciones favorables al momento del transporte, almacenamiento y liberación. Quince días después se realiza la segunda liberación en la misma cantidad. Al mes de la primera liberación se efectúa el primer muestreo de parasitismo y se toma la decisión según los resultados y necesidades de realizar una tercera liberación del parasitoide.

## 6.2 PRODUCCION MASIVA Y USO

Desde el año 1.984 se produce masivamente *Cotesia flavipes*. Durante el periodo 1984-2005 más de 470,2 millones de avispas han sido producidas. Se ha liberado en el campo 415,8 millones de insectos. Se han liberado parasitoides en más de 45 mil hectárea de caña. Los principales usuarios de este parasitoide son los ingenios (76,4%), mientras que los productores independientes han utilizado el 14,0% y un 9,3% se ha destinado para la venta en el exterior del país.

El mismo se utiliza en todas las regiones cañeras proporcionalmente a las necesidades diagnosticadas según la presencia y daño de la plaga. En algunas regiones con condiciones agro-climatológicas diversas y que se ha diagnosticado, presentan mayores poblaciones de la plaga, es donde se distribuyen la mayor cantidad de avispas. En la zona de influencia del Ingenio Juan Viñas, cuya principal característica es su ciclo de cultivo bianual por las condiciones de altitud y variedades establecidas, han utilizado el 48,5% de los parasitoides. El Valle Central (21,4%) y San Carlos (12,2%) son las otras regiones con

una mayor cantidad de avispas distribuidas entre productores e ingenios (Figura 5).

CUADRO 3  
Producción anual del parasitoide *C. flavipes* en laboratorio. Periodo 1984-2005. LAICA-DIECA

AÑO	INSECTOS PRODUCIDOS	AÑO	INSECTOS PRODUCIDOS
1984	8,020	1996	28,522,500
1985	516,520	1997	26,998,320
1986	5,398,447	1998	32,086,380
1987	22,964,557	1999	28,111,140
1988	25,165,865	2000	21,503,820
1989	24,542,280	2001	25,926,960
1990	22,584,840	2002	29,354,940
1991	15,404,946	2003	28,160,460
1992	17,985,660	2004	13,312,650
1993	20,475,660	2005	19,435,590
1994	28,767,450	TOTAL	470,206,245
1995	32,979,240	PROMEDIO	21,373,011

## 7. PARASITISMO

Los niveles de parasitismo por *Cotesia flavipes* han sido variables obteniéndose un 31,6% como promedio del periodo 1985-2005. Este parasitismo se determina mediante el monitoreo y recolección de larvas en las plantaciones de caña de azúcar antes y después de las liberaciones de la avispa.

Existen reportes de campo donde se han encontrado parasitismos máximos del 80% en fincas de los ingenios Taboga (Cañas, Guanacaste) y Juan Viñas (Alvarado, Cartago).

Adicionalmente, se ha determinado un parasitismo por enemigos naturales que alcanza un promedio anual de 9,7% ocasionado por parasitoides de larvas como: *Billaea claripalpis* (Dip: Tachinidae), *Agathis* sp. (Hym: Braconidae) y nematodos parásitos del género *Mermithidae*.

Además, se reporta la presencia de parasitoides de huevos de los géneros *Trichogramma* (Hym: Trichogrammatidae) y *Telenomus* (Hym: Scelionidae) con un promedio de parasitismo superior al 60%. No hay duda que este amplio componente de enemigos naturales presentes en las plantaciones de caña de azúcar en esos niveles, son reflejo de la conciencia generada en el sector sobre el uso racional de plaguicidas químicos y la aceptación que han tenido las diferentes estrategias de control de plagas propuestas e implementadas.

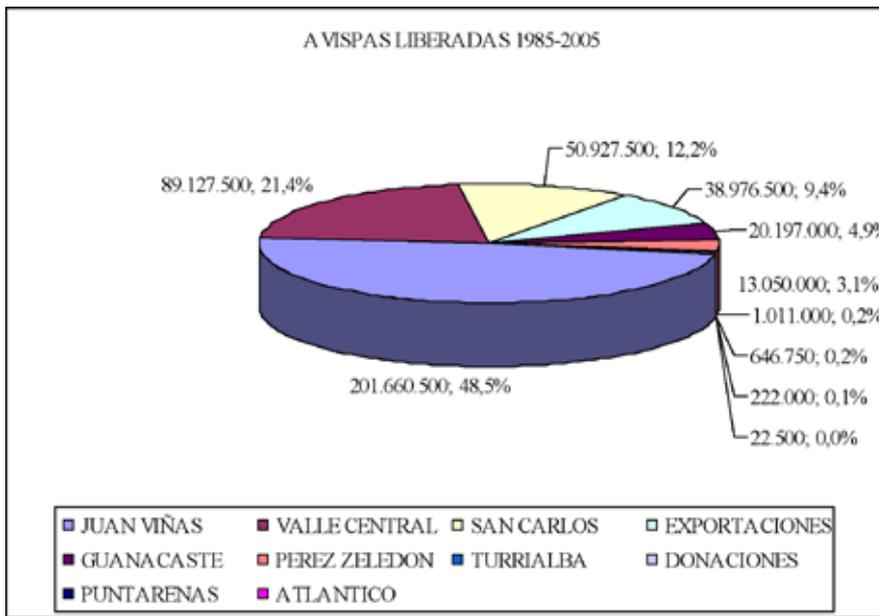


Figura 5. Liberación del parasitoide *C. flavipes* en diferentes regiones durante el periodo 1985-2005. LAICA-DIECA

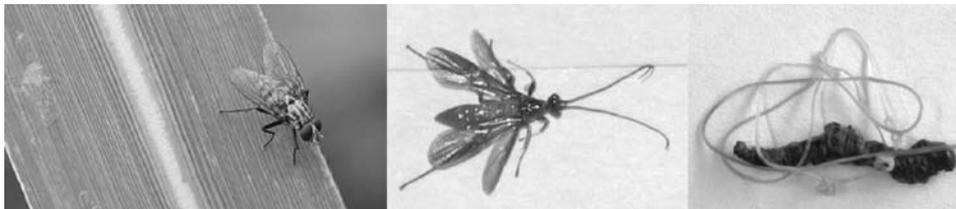


Figura 6. Enemigos Naturales del estadio larval del Barrenador Común del Tallo. Izquierda: *B. claripalpis*; centro: *Agathis* sp.; derecha: Nematodo. Fotos: J.D. Salazar

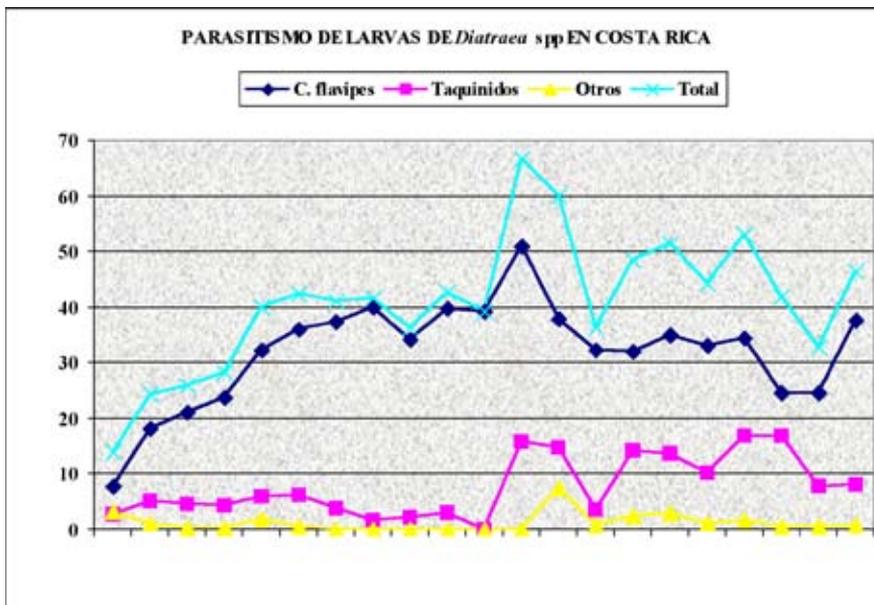


Figura 7. Parasitismo anual reportado en Costa Rica. Periodo 1985-2005. LAICA-DIECA

### 8. OTRAS ESTRATEGIAS DE PREVENCION Y CONTROL

Muchas prácticas convencionales que se aplican en el manejo del cultivo, logran mantener las poblaciones de la plaga en niveles bajos. Los residuos de cosecha

son una importante fuente de propagación de la plaga al proporcionar condiciones adecuadas para la sobrevivencia de la misma como lo es también el dejar caña sin cosechar durante la zafra. Por esa razón la programación adecuada de corta y la eficiencia de la misma, así

como el manejo posterior de los rebrotes tienen especial relevancia.

La utilización de semilla sana y certificada libre de la plaga es la técnica más importante de prevención para evitar la propagación de esta plaga hacia nuevas áreas de caña. El entesaque de tallos con síntomas de corazón muerto, si bien tienen un costo considerable en mano de obra, es una técnica eficiente.

Otras estrategias que podrían implementarse son la utilización de trampas con hembras vírgenes, el uso de feromonas sintéticas, aunque para las especies que tenemos en nuestro país no existen.

En otros países se utilizan con éxito productos químicos contra las larvas que aceleran el proceso de muda o simulan el efecto de la hormona ecdisona, provocando la muerte por inanición y deshidratación. Por ese modo de acción son altamente selectivos a lepidópteros por lo que son recomendados para utilizarse cuando se tienen programas de control biológico. Si es preocupante la utilización de productos de amplio espectro y efecto residual contra otras plagas en el cultivo, lo que ocasiona la pérdida de diversidad de especies en la plantación, siendo, quizás, los enemigos naturales del barrenador los más abundantes.

## CONCLUSIONES

Si bien, el Barrenador Común del Tallo es la plaga más distribuida en las regiones cañeras del país, mediante el Programa de Control Biológico con el parasitoide *Cotesia flavipes* se ha logrado bajar su impacto en las plantaciones de caña de azúcar.

La base y soporte para manejar, desde el punto de vista integrado esta plaga, ha sido la consolidación y estabilidad del Laboratorio de Producción del Parasitoide *C. flavipes*.

Este parasitoide se reproduce masivamente con el nombre comercial de COTEDIECA y está registrado ante el Ministerio de Agricultura y Ganadería y certificado por ECOLÓGICA para su utilización en agricultura orgánica.

Se ha dado cobertura a cerca de 45 mil hectáreas de caña de azúcar de fincas pertenecientes a pequeños, mediano y grandes productores. Además se ha tenido la capacidad de exportar el parasitoide a ingenios del área Centroamericana.

La asignación y distribución del parasitoide entre los beneficiarios ha sido equitativa y justa, siendo los criterios técnicos según las necesidades de campo la razón para su liberación.

Después de veinte años de liberar en las plantaciones de caña este insecto, los resultados obtenidos son satisfactorios, lográndose obtener niveles de parasitismo estables, disminución en los indicadores de daño y una mayor recuperación de sacarosa durante la molienda.

Se ha logrado disminuir los niveles de daño de manera constante en aquellas fincas donde se ejecuta un programa permanente de combate de la plaga.

## LITERATURA CITADA

1. Badilla, F.; Solís, A.I.; Alfaro, D. 1994. Manual de Producción del Parasitoide *Cotesia flavipes* para el Control Biológico de los Taladadores de la Caña de Azúcar *Diatraea* spp. en Costa Rica. DIECA, San José. 22 p.
2. Cave, R. 1995. Parasitoides de Plagas Agrícolas en América Central. Zamorano, Honduras: Zamorano Academia Press. 202 p.
3. Chaves S, M.A. 1999a. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In Congreso Nacional Agronómico, 11avo, San José, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. Volumen III. p:193-204.
4. Chaves S, M.A. et al. 1999b. Plagas y Fitosanidad de la Caña de Azúcar. In Congreso Nacional Agronómico, 11avo, San José, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. Volumen II. p: 129.
5. Quirós R., O. 2000. Determinación del Factor de Pérdida según la Intensidad de Infestación Ocasionada por *Diatraea tabernella* en la Variedad de Caña de Azúcar H 61-1721, en la Hacienda Juan Viñas, Costa Rica. Tesis. Universidad Nacional. 62 p.
6. Salazar B., J.D. 1999. Programa de Control Biológico del Barrenador Común del Tallo *Diatraea* spp. (Lep: Crambidae) en Costa Rica. Reunión de Expertos "El Gusano Barrenador (*Diatraea* spp.) de la Caña de Azúcar" Culiacán, México. Programa de Desarrollo Profesional México-Centroamérica. BCIE-GEPLACEA.
7. Salazar B. J.D.; Oviedo, R.; Saenz, C. 2000. Resultados Obtenidos con el Control Biológico del Barrenador Común del Tallo *Diatraea* spp. (Lep: Crambidae) en Costa Rica. In Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica (5). San José, CR. ATACORI. p. 102-110.
8. Salazar B., J.D. y Oviedo A., R. 2003. Efecto del Uso del Parasitoide *Cotesia flavipes* (Hym: Braconidae) en el Manejo y Control del Barrenador Común del Tallo de la Caña de Azúcar (*Diatraea* spp. Lep: Crambidae) en Costa Rica. In Congreso de ATACORI, 14avo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 100-110.
9. Salazar B., J.D. y Oviedo A., R. 2004. Combate del Barrenador Común de la Caña de Azúcar con el Parasitoide de Larvas *Cotesia flavipes*. Hoja Técnica. LAICA. 3 p.
10. Salazar B., J.D. y Salazar C., M. 2006. Principales Enemigos Naturales del Barrenador Común del Tallo de la Caña de Azúcar (*Diatraea* spp.) en Costa Rica. Boletín Acontecer en Victoria: Mayo 2006, N°27. Cooperativa Agrícola Industrial Victoria R. L. p: 12-16.

# REPORTE DE LOS PRINCIPALES ENEMIGOS NATURALES DE HUEVOS Y LARVAS DEL BARRENADOR COMÚN DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*DIATRAEA SPP.*) EN COSTA RICA

Jose Daniel Salazar<sup>1</sup>, Rodrigo Oviedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar  
e-mail: jsalazar@laica.co.cr, roviedo@laica.co.cr,

## RESUMEN

Se presenta un reporte de los principales enemigos naturales que atacan diferentes estadios de vida del Barrenador Común del Tallo de la Caña de Azúcar en diferentes regiones cañeras de Costa Rica. Se describen algunas características morfológicas, hábitos de vida, modo de acción sobre el hospedero, y distribución en el país. Se ilustran diferentes estados de vida del parasitoide o del parásito cuando fue posible fotografiar. Se reportan los niveles de parasitismo encontrados en huevos y larvas de *Diatraea spp.*, causados por *Cotesia flavipes*, *Billaea claripalpis*, *Agathis sp.*, *Trichogramma sp.* y *Telenomus sp.*, además de un nematodo parásito.

## INTRODUCCIÓN

Para finales del siglo XX, los investigadores agrícolas deberían haber aprendido una importante lección ecológica; las comunidades de plantas que han sido modificados para satisfacer las necesidades especiales de alimento y fibra de los seres humanos son altamente susceptibles al daño ocasionado por plagas.

En general cuanto más ha sido modificada una comunidad vegetal, más abundante y serias son las plagas (Altieri, 1994). Una de las razones más importante para restaurar y/o mantener la biodiversidad en la agricultura, es el que ésta presta una gran variedad de servicios ecológicos. Uno de estos servicios es la regulación de la abundancia de organismos indeseables a través del parasitismo, la competencia y la depredación (Altieri, 1994). Probablemente cada población de insectos en la naturaleza es atacado en alguna medida por uno o más enemigos naturales así, parasitoides, depredadores y patógenos actúan como agentes de control natural que, cuando son adecuadamente manejados, pueden determinar la regulación de poblaciones en un agro ecosistema particular. Esta regulación ha sido llamada control biológico y ha sido definida por Debach (1964) como la acción de parasitoides, depredadores o patógenos para mantener

la densidad de la población de un organismo plaga a un promedio menor del que ocurriría en su ausencia. Los insectos parasitoides se alimentan en todos los estados de presa: huevos, larvas (o ninfas), pupas y adultos.

## OBJETIVO GENERAL

Elaborar un reporte general de los principales enemigos naturales de huevos y larvas del Barrenador Común del Tallo (*Diatraea spp.*).

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la presencia de enemigos naturales de huevos y larvas del Barrenador Común del Tallo en las diferentes regiones de Costa Rica.

Determinar el porcentaje de parasitismo de enemigos naturales de huevos y larvas del Barrenador Común del Tallo en las diferentes localidades de Costa Rica.

## METODOLOGÍA

Para la determinación de la presencia de controladores biológicos atacando diferentes estadios de vida del Barrenador Común, se realizó la recolección de

formas biológicas de la plaga y los huéspedes. Esto se realizó de manera sistemática desde el año 2000 hasta el año 2005.

La metodología utilizada es la recomendada para la determinación de la densidad poblacional de larvas del barrenador para estimar la necesidad de liberaciones de parasitoides. La misma se basa en la recolección de tallos afectados por el Barrenador Común que presentan el síntoma de "Corazón Muerto". Se definen 5 puntos de muestreo de 4 m lineales cada uno, donde se recolectan los tallos dañados (síntoma de corazón muerto) para extraer las formas biológicas presentes tanto del hospedero como de los huéspedes. Las larvas y crisálidas del barrenador, así como las formas biológicas de los parasitoides se acondicionan en cajas de poliestireno cristal con alimento (trozos de caña o dieta artificial producida en el laboratorio de Producción de Parasitoides de LAICA), cuando es necesario. Se identifican los organismos encontrados. Durante 10 días se evalúan los insectos con el objeto de reportar la salida de los parasitoides o parásitos que estaban dentro del hospedero. La recolección de huevos se realizó durante el año 2001 y consistió en la búsqueda de grupos de huevecillos del barrenador en el cañal, los cuales fueron acondicionados en frascos plásticos con tapa perforada para evaluar por 8 días la presencia o no de parasitoides.

El período para la realización de los muestreos se encuentra entre los 2 y 6 meses de edad, debido a que es la época del estado de desarrollo del cultivo en que presenta mayor susceptibilidad al ataque de barrenadores.

Los tallos dañados se abrieron y se extrajeron las formas biológicas presentes y se colocaron en cajas de poliestireno cristal con rodajas de caña para su alimentación, mientras se hacía el reconocimiento de especies. Además se identificaron con fecha y zona de recolección, nombre de la finca, y la variedad de caña muestreada. Se observó y determinó el agente causal del barrenado o daño encontrado en la muestra. Se elaboró un registro en el cual se especificó el número de larvas y estadios de los insectos encontrados en los tallos evaluados.

Se consideraron las diferentes regiones del país para la valoración del parasitismo en larvas, mientras el parasitismo en huevos se determinó en la localidad de Grecia.

Se determinaron los niveles de parasitismo (%) de cada uno de los enemigos naturales y su presencia en las regiones cañeras del país.

En el contexto de esta publicación, describiremos conceptos básicos del control biológico y nos referimos

a aquellos organismos encontrados en las plantaciones de caña de azúcar del país y los efectos sobre esta plaga. Para la descripción y biología se consultaron diversas fuentes en donde se procuró describir algunas características básicas de los insectos, que no pretenden hacer una clasificación o identificación plena de los especímenes encontrados en Costa Rica.

## RESULTADOS

El Barrenador Común del Tallo de la Caña de Azúcar es una de las principales plagas de este cultivo. La misma provoca daños considerables en la porción de la planta que tiene valor económico, al provocar galerías o túneles en el tallo, ocasionando la disminución de la calidad del jugo, por lo que disminuyen los rendimientos agroindustriales y los ingresos económicos a los productores de caña.

La larva ingresa a la caña por medio de una perforación que hace con sus mandíbulas. Cuando esto ocurre en tallos jóvenes ellos mueren. Dentro del tallo y conforme se va alimentando hace galerías o túneles que con el tiempo son contaminados por hongos que producen la pudrición roja, lo que afecta los rendimientos de azúcar.

Se tiene conocimiento de tres especies del barrenador presentes en las diferentes zonas cañeras del país: *D. guatemallella*, *D. saccharalis* y *D. tabernella*.

Por lo general se reporta que el ciclo de vida de la plaga dura entre 45 y 60 días dependiendo de la especie y las condiciones del cultivo y la región. El estadio de

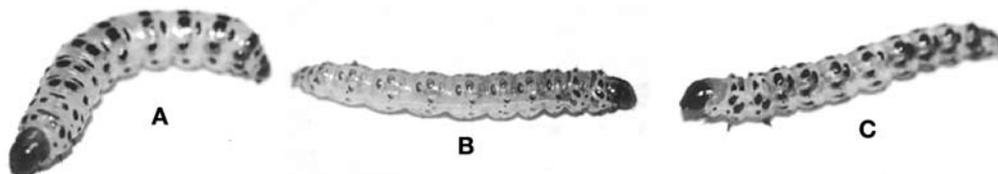


Figura 1. Especies del Barrenador Común del Tallo en Costa Rica. **a.** *D. guatemallella*, **b.** *D. saccharalis* y **c.** *D. tabernella*

larva es el más prolongado y es cuando el barrenador tiene el potencial de hacer daño al cultivo (Figura 2). En el caso de este Barrenador, se han reportado algunos insectos que se comportan como enemigos naturales ya sea porque son parasitoides (cumplen una parte de su ciclo de vida alimentándose del hospedero y generalmente provocan su muerte), predadores (se alimentan de uno de los estados de vida del insecto presa) y parásitos (vive a expensas de otro y deriva su sustento de él), así como microorganismos que provocan enfermedades y la muerte de los insectos (hongos, bacterias, virus, protozoarios y otros). Todos ellos provocan la disminución de las poblaciones de la plaga lo que lleva a tener menores daños en los tallos. Algunos tienen la

capacidad de encontrar los huevos y parasitarlos, mientras otros ubican la larva dentro de las galerías en el tallo y las parasitan, mientras otros lo hacen depositando formas inmaduras (larvas) en los orificios en el tallo o por medio de aparatos oviposidores muy largos, lo que les permite parasitar la larva desde afuera.

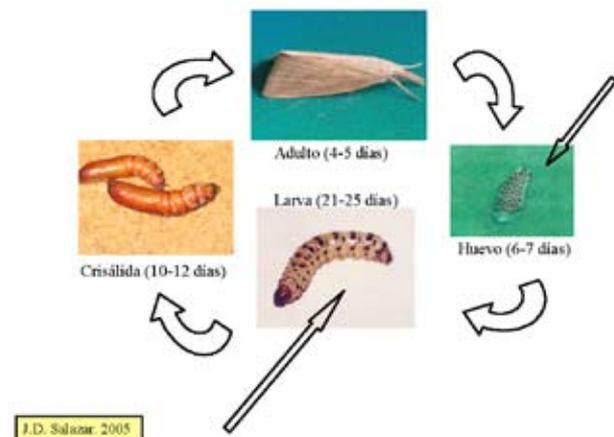


Figura 2. Ciclo de vida del Barrenador Común del Tallo (*Diatraea* spp.) y estadios de mayor predisposición para el ataque de enemigos naturales.

### 1. Control Biológico

El término Control Biológico fue inventado por Harry S. Smith en 1919 (Cave, 1995) considerando dos perspectivas: a) Reducción de inóculo o actividades de un patógeno o parásito en su estado activo o de dormancia, por uno o más organismos, o por la introducción de uno o más antagonistas (Sentido Amplio). b) En el Sentido Restringido el control biológico es la acción directa de parásitos, parasitoides, herbívoros en el caso de malezas, depredadores y patógenos, los cuales se llaman enemigos naturales, y competidores de otras especies por recursos naturales, los cuales se llaman antagonistas (López, 2001).

### 2. Definiciones de Parasitoides

Insectos (huésped) que necesitan pasar parte de su ciclo de vida en otro insecto conocido como hospedero. No necesariamente matan su presa y hasta pueden vivir con, o dentro de ella por largos períodos. Los parasitoides matan su presa al final del ciclo, cuando completan su desarrollo (<http://www.virtual.unal.edu.co>).

El parasitoidismo es una relación de interés pacífica intermedia entre la depredación y el parasitismo. El parasitoides necesita establecer una relación vital con el hospedero, viviendo como un ectoparásito o endoparásito, para finalmente acabar devorándolo, hasta producir su muerte.

### 3. Tipos de Parasitoides

Los parasitoides se clasifican de muchas maneras, especialmente por el hábito de sus larvas. De acuerdo al estado del hospedero que atacan, hay parasitoides de huevos, de larvas, de pupas o de adultos. Algunos parasitoides pueden pasar de un estado de desarrollo al siguiente. Hay parasitoides de huevo-larva o de larva-pupa. Los parasitoides pueden ser endoparasitoides cuando se desarrollan dentro del cuerpo del hospedero o ectoparasitoides cuando se desarrollan externamente sobre el cuerpo de la víctima. Cuando un sólo individuo se desarrolla en un hospedero el parasitoides es solitario. Cuando más de uno se desarrolla en un solo hospedero el parasitoides es gregario, en este caso se pueden desarrollar desde 2 hasta varios miles de individuos dentro del mismo hospedero.

### 4. Parasitoides del Barrenador Común del Tallo de la Caña de Azúcar en Costa Rica

Existen diversos reportes sobre enemigos naturales del barrenador en América Latina. Los himenópteros y taquíidos son quizás los más importantes y la posibilidad de realizar crías masivas de ellos en laboratorio los convierte en recursos de gran importancia para el control de plagas en este cultivo. En el caso particular del barrenador se puede hacer referencia a especies de la familia Tachinidae (Díptera) que resultan ser muy eficientes. Este grupo está representado por *Lixophaga diatraea*, *Metagonistylum minense* y *Paratheresia claripalpis* (López, 2001). Esta última especie ha sido reclasificada taxonómicamente y su género actual es *Billaea*, de gran importancia en plantaciones de caña en Costa Rica, principalmente en el Valle Central, San Carlos y Pérez Zeledón. Ese mismo autor se refiere a la importancia en los últimos años de avispas como *Cotesia flavipes* y del uso de *Trichogramma*.

**4.1. Parasitismo en huevos:** Se ha encontrado dos especies de avispas parasitando huevos del barrenador. Estas avispas pertenecen a los géneros *Trichogramma* y *Telenomus*, sin tenerse certeza aún de la especie o especies a las que pertenecen. Las mismas se encontraron en huevecillos de *D. guatemalensis* recolectados en plantaciones de la Cooperativa Victoria en Grecia, provincia de Alajuela, entre el 26 de setiembre y el 15 de octubre del 2001. Se logró determinar un nivel de parasitismo de 63,2%, 86,7% y 31,8% en las tres recolecciones realizadas (Cuadro 1). Además, se observaron huevos en diferentes condiciones como fueron depredados o dañados, desocupados o vacíos de donde la larva emergió y huevos viables con la larva del barrenador en desarrollo.

CUADRO 1

Parasitismo encontrado en huevecillos de *D. guatemalella* en la Finca Assman de la Cooperativa Victoria en Grecia, Costa Rica, 2001.

HUEVOS <i>D. guatemalella</i>	OBSERVACIONES					
	26/09/2001		10/10/2001		15/10/2001	
	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%
Total	318	100,0	264	100,0	289	100,0
Parasitados	201	63,2	229	86,7	92	31,8
Depredados o dañados	16	5,0	6	2,3	1	0,3
Desocupados	46	14,5	19	7,2	4	1,4
Productivos (viables)	55	17,3	10	3,8	192	66,4

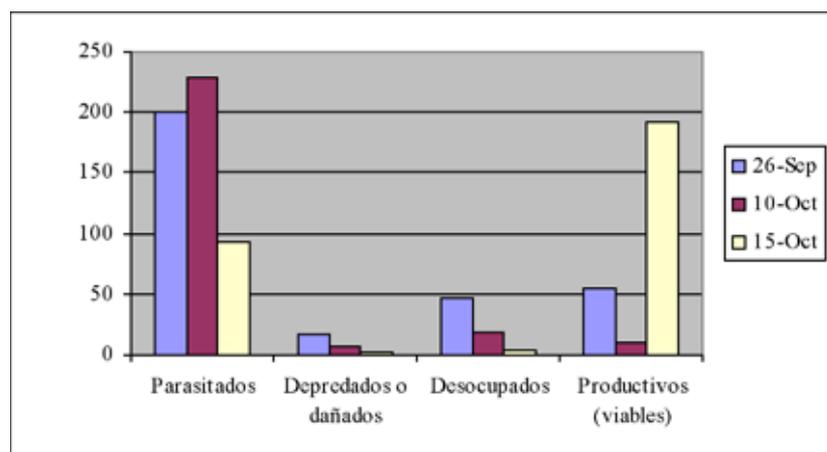


Grafico 1. Condiciones de los huevos de *D. guatemalella* recolectados en Grecia, Costa Rica, 2001.

Se determinó que un alto porcentaje de las posturas (grupo de huevecillos) recolectadas de las hojas de la caña de azúcar tenían por lo menos un huevecillo parasitado presentando un rango de 1 a 26 huevos parasitados (Cuadro 2). Se encontró una relación entre 1,5 y 2,8 *Trichogramma* por huevo de *Diatraea* y de 1:1 en el caso de *Telenomus*.

CUADRO 2

Parasitismo reportado en las posturas de *D. guatemalella* en Grecia, Costa Rica, 2001.

POSTURAS de <i>D. guatemalella</i>	OBSERVACIONES		
	26/09/2001	10/10/2001	15/10/2001
Total	23	27	25
Parasitadas	18	20	11
Parasitismo (%)	78,3	74,1	44,0

En los huevos parasitados por parasitoides se detiene el desarrollo de las larvas de la especie plaga y este

proceso es reemplazado por la formación de nuevos adultos de los benéficos, los cuales, al multiplicarse en el campo, incrementan los porcentajes de parasitismo natural, lo que logra reducir significativamente las poblaciones de las plagas hacia las cuales se dirigen estos controles biológicos (HARMONIA, 2004).

(Hymenoptera: Trichogrammatidae: Trichogrammatinae)

La principal limitante para el uso efectivo de este parasitoide es su identificación a nivel de especie, lo que en algunos casos ha provocado problemas en el control de esta plaga. En condiciones naturales se han registrado porcentajes de parasitismo superiores al 90% en determinadas épocas del año (López, 1991). En caña de azúcar en Colombia, la especie reportada y utilizada es *T. exiguum*.

**Biología:** El insecto adulto mide de 0,5 a 0,8 mm de largo. El color de su cuerpo varía entre amarillo rojizo y negro según la especie. La hembra parasita huevos en que el embrión no está bien avanzado en su desarrollo (<38 h), se desarrolla la larva, se transforma en pupa y después emergen los nuevos adultos de la avispa. Hasta tres individuos pueden cumplir su desarrollo en un solo huevo hospedero. El tiempo de desarrollo desde huevo hasta emergencia del adulto es de 10 a 12 días (Cave, 1995<sup>a</sup>).

Se puede producir masivamente en condiciones de laboratorio, para ser liberados en forma inundativa en el campo, es decir con un gran número de individuos y con una periodicidad muy corta entre cada liberación (no más de 8 a 10 días) (Parra, 1997; Amaya, 1998). Cada hembra de *Trichogramma* ovipone durante su vida entre 20 a 30 huevos en promedio, esto es cuando no se les alimenta (Amaya, 1998); bajo alimentación llegan a oviponer un promedio de 70 a 120 huevos, colocados en

una o más por huésped, dependiendo del tamaño del hospedero (Parra, 1997).

**Hospederos:** Este parasitoide tiene una alta especificidad en huevos de lepidópteros, siendo ampliamente reportados en el control de *Spodoptera* spp., *Mocis latipes*, así como en algunas especies de *Diatraea*, entre otras.

**Distribución:** América Central, Sur América, Cuba, Norte América. En Costa Rica es reportada en Grecia.

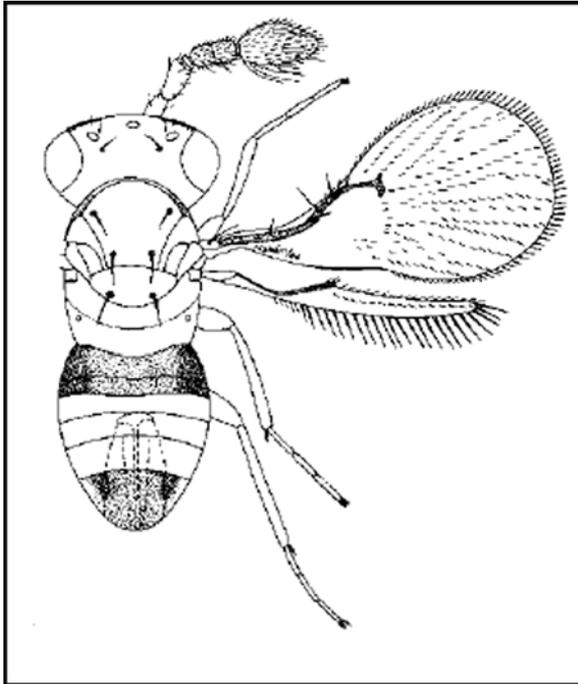


Figura 3. Adulto de *Trichogramma* spp.

*Telenomus* sp.

(Hymenoptera: Scelionidae: Telenominae)

Cave (1995<sup>a</sup>) reporta dos especies de importancia en el control de plagas en América Latina: *T. remus* y *T. monilicornis*. Las diferencias entre ellas se basa en su anatomía y comportamiento.

**Biología:** El adulto mide 0,5-1,0 mm dependiendo de la especie; cuerpo negro brillante, antenas y patas pardas oscuras. La hembra ataca al huevo del hospedero, examinándolo con las antenas antes de ovipositar. El reconocimiento de huevos hospederos apropiados es por medio de una kairomona. Después de ovipositar la hembra marca el huevo hospedero rascando la superficie con su ovipositor. Así ella deja un químico que le indica a ella misma y otras hembras que el hospedero ya está parasitado, con lo cual se evita superparasitismo. La larva parasitoide (una) se desarrolla internamente en el huevo hospedero. Al empujar el parasitoide, el huevo

hospedero se pone negro. Cerca de ocho días después emerge el adulto (Cave, 1995<sup>a</sup>).

**Hospederos:** Se reportan *Spodoptera* spp., *Erinnys ello*, *Manduca* spp. y *Diatraea* sp.

**Distribución:** América Central, República Dominicana, Estados Unidos. Reportada en Grecia, Costa Rica.

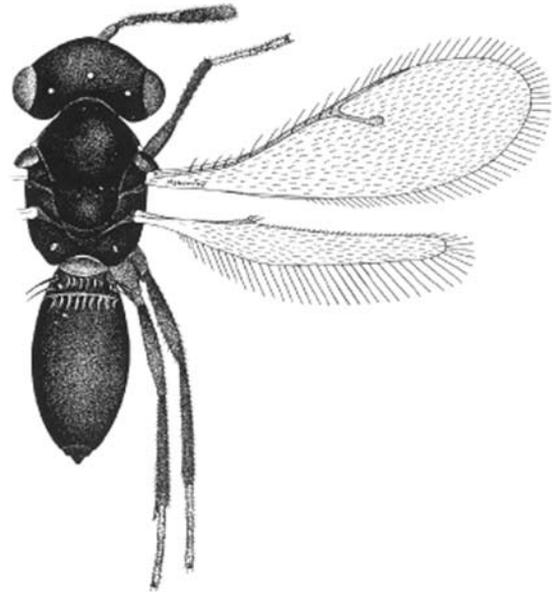


Figura 4. Adulto de *Telenomus* sp.

**4.2. Parasitismo en larvas:** De manera sistemática se ha valorado la presencia de parasitismo en larvas del barrenador. Se presentan los resultados encontrados entre el año 2000 y 2005. Para ello se recolectaron más de 21 mil larvas de la plaga en plantaciones de caña de azúcar en diferentes regiones productoras del país y se determinó la presencia de parasitoides y parásitos (Cuadro 3). Como se observa, en Costa Rica se han encontrado diferentes parasitoides ejerciendo control sobre larvas del barrenador. Estos parasitoides se encuentran en diferentes proporciones bajo las condiciones en donde está establecido el cultivo de la caña de azúcar. Se encontraron tres especies de parasitoides de larvas, dos de los cuales pertenecen al orden Himenóptera (avispas) y una al orden Díptera (moscas). Las avispas encontradas fueron *Agathis* sp. y *Cotesia flavipes*, esta última establecida en el campo después de las liberaciones como resultado de la reproducción masiva en el laboratorio de LAICA-DIECA. La mosca reportada es *Billaea claripalpis*, una especie muy común en los cañales de algunas regiones. En una proporción más baja aparece un nematodo parásito. Este parasitismo se presenta en las diferentes especies de *Diatraea* según la región. En el Valle

CUADRO 3  
Controladores biológicos de larvas reportados y promedio general (%) en diferentes especies de *Diatraea*  
y en cinco localidades durante el periodo 2000-2005 en Costa Rica.

AÑO	LOTES	LARVAS	PORCENTAJE				TOTAL
			<i>C. flavipes</i>	<i>B. claripalpis</i>	<i>Agathis</i> sp.	Nematodo	
2000	124	4.226	35,0	13,6	1,9	1,0	51,5
2001	117	3.638	33,1	10,1	0,5	0,5	44,2
2002	172	5.952	34,4	16,8	1,5	0,2	52,9
2003	118	2.197	24,6	16,8	0,3	0,2	41,9
2004	65	4.396	24,4	7,7	0,5	0,1	32,7
2005	42	1.439	37,6	8,1	0,5	0,2	46,4
TOTAL	638	21.848					
PROMEDIO			31,5	12,2	0,9	0,4	44,9

Central, San Carlos, Cañas y Pérez Zeledón se reporta la presencia de *D. guatemalella* y *D. saccharalis*, mientras en Juan Viñas y otras zonas a similar altitud prevalece *D. tabernella*. Los años en que se reportó un mayor nivel de parasitismo fueron el 2000 y 2002, por encima del 50% de las larvas.

En el cuadro 4 se presenta la información de parasitismo encontrado en las cinco localidades, como promedio del periodo evaluado. El comportamiento cada año es similar para cada localidad. En Juan Viñas y Grecia se recolectó el mayor número de larvas de este barrenador. En Juan Viñas fue el único lugar donde se encontró un nematodo parásito, llegando a niveles de hasta el 2,6% de las larvas afectadas en el año 2000. El organismo que se reporta con mayor nivel de control es *C. flavipes*, con valores similares en esa región y Cañas, situación que es un indicador del amplio rango de adaptación de ese parasitoides a diversas condiciones de clima y altitud, así como la capacidad de parasitar especies diferentes. La presencia

de moscas es muy importante en Grecia, San Carlos y Pérez Zeledón, superando a la avispa; mientras *Agathis* aparece en mayor proporción en las últimas dos regiones.

La mayoría de las avispas buscan su hospedero cuando este se encuentra en los primeros estadios larvales, para colocar dentro de su cuerpo o fuera de los huevos. Las moscas tienen diferentes modos de parasitar, algunas dejan sus crías cerca de las larvas de sus hospederos, mientras otras sobre este, pero el desarrollo larval ocurre dentro del hospedero.

(Hymenoptera: Braconidae: Microgastrinae)

Fue importado por primera vez a Costa Rica en el año 1984. Desde ese año es reproducido masivamente por LAICA. En ese laboratorio se han producido más de 470 millones de adulto que se han liberado en plantaciones de caña de azúcar de Costa Rica, Guatemala, El Salvador, Honduras y Panamá.

CUADRO 4  
Porcentaje de parasitismo de larvas de *Diatraea* obtenido con tres especies de parasitoides y un parásito en diferentes localidades cañeras.  
Periodo 2000-2005.

CANTON	LOTES	LARVAS	PORCENTAJE				TOTAL
			<i>C. flavipes</i>	<i>B. claripalpis</i>	<i>Agathis</i> sp.	Nematodo	
JUAN VIÑAS	169	8.533	<u>42,9</u>	0,1	0,2	<u>0,8</u>	44,0
GRECIA	327	8.572	18,3	<u>21,4</u>	0,0	0,0	39,7
CAÑAS	21	800	37,8	0,5	0,9	0,0	39,2
SAN CARLOS	103	3.350	5,2	15,9	<u>8,7</u>	0,0	29,8
PEREZ ZELEDON	18	593	9,7	10,8	3,7	0,0	24,2
TOTAL	638	21.848					
PROMEDIO			<u>31,5</u>	12,2	0,9	0,4	44,9



Figura 5. a) Hembra de *C. flavipes* parasitando una larva de *D. saccharalis*. b) Larvas del parasitoide recién salidas del hospedero y c) Pupas de *C. flavipes* a los lados del hospedero muerto.

**Biología:** Longitud 2 mm, cuerpo negro, patas amarillas a castañas pálidas. Las antenas del macho son más largas que las de la hembra. La hembra entra en el túnel del hospedero para parasitar la larva del tercer a sexto instar. La hembra oviposita una alta cantidad de huevos dentro de la larva del barrenador. Diez a doce días después, del hospedero salen más de 70 larvas, cada larva hila un capullo blanco dentro del cual empupa y de donde emergen los adultos (Cave, 1995<sup>a</sup>).

**Hospederos:** *Diatraea* spp.

**Distribución:** América Central, Sur América, El Caribe, México, Estados Unidos, Asia, Australia. En Costa Rica se reporta en todas las regiones cañeras.

(Hymenoptera: Braconidae: Agathidinae)

**Biología:** Endoparasitoide solitario de larvas de lepidópteros, principalmente barrenadores (Maes, *et al*, 2006). La hembra coloca un huevo dentro del hospedero, se desarrolla una larva que al terminar su desarrollo consume la totalidad de la larva del Barrenador, posteriormente teje un capullo de donde saldrá una nueva avispa. Desde el año 1940, Fernández citado por Salazar y Rodríguez (2001) reporta la presencia en Venezuela de parasitoides de este género (*A. stigmaterus*) atacando larvas de *Diatraea*.

**Hospederos:** *Diatraea* sp.

**Distribución:** América Central y del Sur. En Costa Rica de reporta en San Carlos, Pérez Zeledón, Cañas y Juan Viñas.

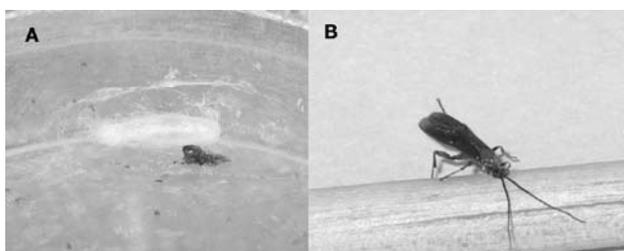


Figura 6. a) Capullo (pupa) y b) adulto de *Agathis* sp.

(Diptera: Tachinidae: Dexiinae)

**Biología:** Longitud de 8 a 10 cm. La hembra deposita larvas de primer instar cerca del túnel del hospedero. Las hembras producen en promedio 375 larvas. Las larvas pequeñas entran en el túnel donde se encuentran la larva hospedera y la penetra. El estado larval en el hospedero dura 10-11 días. De una a tres larvas parasitoides pueden cumplir su desarrollo en un solo hospedero (Cave, 1995<sup>a</sup>). Las larvas de la mosca salen cuando han consumido todo el contenido interno, forman pupa y pocos días después se produce la mosca.

**Hospederos:** *Diatraea* spp. Es reportado como parasitoide de *Eourema loftini* en México.

**Distribución:** América Central, Sur América, El Caribe, México, Estados Unidos, Sur África. En Costa Rica se reporta en Grecia, San Carlos, Pérez Zeledón y Juan Viñas.

A pesar de su bajo nivel de apariciones, principalmente en la región de Juan Viñas, se ha considerado relevante hacer mención de un nematodo que mata las larvas de *Diatraea tabernella*. El mismo mide hasta 18 cm. de largo. Ocasionalmente se han observado dos nematodos emerger de la larva del barrenador.

## CONCLUSIONES

- Las diversas condiciones en las que se establece el cultivo de la caña de azúcar en el país, con variaciones en altitud, clima y manejo, permite la presencia de diversos organismos benéficos que ejercen control de manera natural o inducida a esta plaga.
- Se encontró una importante presencia de parasitoides de los géneros *Trichogramma* y *Telenomus* controlando huevos de *D. guatemalensis* en Grecia.
- La producción en el laboratorio y las liberaciones masivas en las plantaciones de la avispa *Cotesia flavipes* ha permitido incrementar la presencia de controladores biológicos en los diferentes ambientes

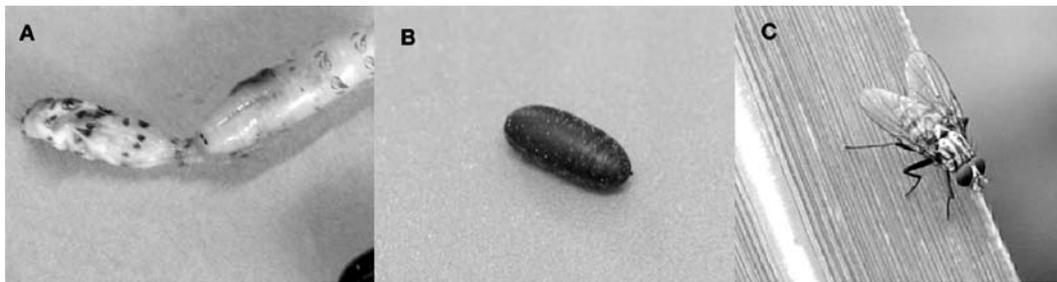


Figura 7. a) Larvas de *B. claripalpis* desarrolladas y emergiendo del hospedero, b) pupa y c) adulto.

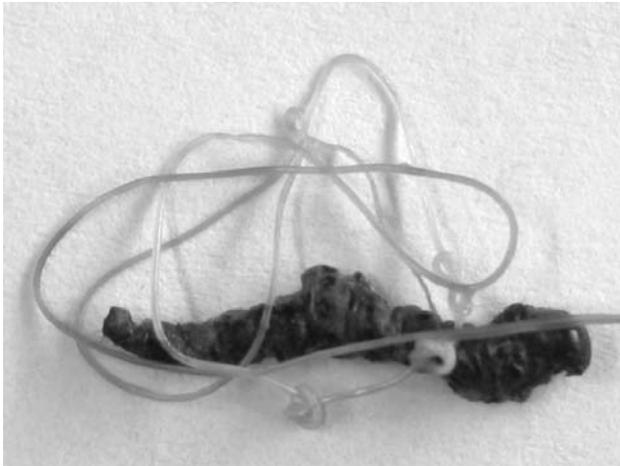


Figura 8. Nematodo parásito después de salir de la larva del barrenador.

en que se cultiva caña de azúcar, siendo este el parasitoide de mayor presencia.

- En Juan Viñas y Cañas, el principal parasitoide reportado es *C. flavipes*, mientras que en San Carlos, Grecia y Pérez Zeledón prevalece la mosca *Billaea claripalpis*. La avispa *Agathis* sp. muestra mayor potencial de control en San Carlos y Pérez Zeledón. Solo en Juan Viñas se encontró un nematodo parásito.
- Se concluye que el uso restringido o limitado del control químico de plagas en el cultivo de la caña de azúcar por muchos años, ha permitido la adaptación, la colonización y el establecimiento de organismos benéficos que ejercen un control natural del barrenador y posiblemente otras especies perjudiciales para este cultivo.

## LITERATURA CITADA

1. Agroecology in Action. 2006. Control Biológico en Agroecosistemas Mediante el Manejo de Insectos Entomófagos. <http://www.agroeco.org/index.html>.
2. Altieri, M. A. 1994. Biodiversity and pest management in agroecosystems. Haworth Press, N.Y. 185 p.
3. Biología y Ecología de los Parasitoides. 2006. <http://www.virtual.unal.edu.co>
4. Amaya, M. 1998. *Trichogramma* spp. Producción, Uso y Manejo en Colombia. Guadalupe de Buga, Colombia. Impresos Técnicos Litográficos. 176 p.
5. Cave, R. 1995. Manual para la Enseñanza del Control Biológico en América Latina. 1º Ed., Zamorano, Honduras: Zamorano Academic Press. 188 p.
6. Cave, R. 1995º. Parasitoides de Plagas Agrícolas en América Central. Zamorano, Honduras: Zamorano Academic Press. 202 p
7. DeBach, P. 1964. Biological control of insect pests and weeds. Reinhold, N. Y. 844 p.
8. HARMONIA. Corporación para el Desarrollo de Insumos y Servicios Agropecuarios. Guía de insumos biológicos para el manejo integrado de plagas. 2004. Cali, Colombia. 111 p.
9. López P. J. A. 2001. Manual de definiciones, usos y manejo eficiente de los productos No sintéticos utilizados en la agricultura moderna. Proyecto Control No Químico. CATIE-GTZ. 62 p.
10. Maes, J.M.; Marsh, P.M. y Shaw, S. 2006. Familia Braconidae. <http://www.insectariumvirtual.com>
11. Parra, J.R.P. 1997. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. In: Parra, J.R.P. y Zucchi, R. A. (Eds) *Trichogramma* e o Controle Biológico Aplicado. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ). Sao Paulo, Brasil. P. 121-150. <http://www.bioline.org.br>
12. Salazar, A., Rodríguez, L. 2001. Breve descripción de trabajos relacionados con los taladradores de la caña de azúcar, *Diatraea* spp. en Venezuela. INIA Yaracuy, Estación local Yaritagua, Venezuela. Caña de Azúcar 2001, 19 (único); 16-76. <http://ceniap.gov.ve>
13. Salazar, J. D. 2003. Boletín El Plaguero al Día: El uso adecuado del parasitoide *Cotesia flavipes*. LAICA, DIECA 8 p.
14. Salazar, J. D. 2004. Control Biológico del Barrenador Común del Tallo (*Diatraea* spp.)
15. Salazar, J. D., Salazar M. 2006. Principales enemigos naturales del Barrenador Común del Tallo de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.) en Costa Rica. Boletín Coopevictoria: Acontecer en Victoria N°27, abril 2006. 18 p.

## ESTIMACION DEL FACTOR DE PÉRDIDA POR DAÑOS DEL BARRENADOR DEL TALLO (*DIATRAEA SPP*) EN CINCO REGIONES DE COSTA RICA

Jose Daniel Salazar<sup>1</sup>, Ovely Quiros<sup>2</sup>, Erick Morera<sup>2</sup>, Rodrigo Oviedo<sup>1</sup> y Julio César Barrantes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar

<sup>2</sup> Universidad Nacional

e-mail: jsalazar@laica.co.cr, roviedo@laica.co.cr, jcbarrantes@laica.co.cr

### RESUMEN

Con el objeto de evaluar las pérdidas agroindustriales y económicas causados por el Barrenador Común del Tallo (*Diatraea spp*) en Costa Rica se procedió a realizar proyectos de investigación en cinco regiones cañeras del país. Se consideraron: Juan Viñas, Grecia, Pérez Zeledón, San Carlos y Cañas. La metodología de muestreo utilizada consideró tallos perforados y barrenados en los frentes de corta durante diferentes zafras. Las muestras se tomaron de lotes comerciales, considerando los dos tercios inferiores de tallos molederos provenientes del frente de corte. Se formaron agrupaciones de 25 entrenudos, la primera categoría estuvo conformada por 25 entrenudos sanos (testigo), incorporando un entrenudo dañado de manera constante a cada categoría, lo que corresponde a una variación constante de 4% de I.I. entre cada una de ellas. Los experimentos realizados en Juan Viñas, Grecia y Pérez Zeledón lo conformaron 26 tratamientos (categorías) entre 0% y 100% de I.I. con tres repeticiones, mientras en San Carlos y Cañas fueron modificados, llegando hasta el 40% de I.I. (11 tratamientos y 4 repeticiones) debido a la dificultad para encontrar suficiente material dañado. Las variedades analizadas, la especie del barrenador predominante y el periodo de zafra para cada una de las localidades fueron: H 61-1721, *D. tabernella*, Zafra 1998-1999 en Juan Viñas; SP 71-5574, *D. guatemalella*, Zafra 1998-1999 en Grecia; SP 71-5574, *D. guatemalella*, Zafra 1999-2000 en Pérez Zeledón; PINDAR, *D. guatemalella*, Zafra 2000-2001 en San Carlos; y SP 79-2233, *D. guatemalella*, Zafra 2004-2005 en Cañas. En todos los casos se utilizó la variedad de mayor área de siembra e importancia económica para las regiones. A las muestras se les realizó el análisis industrial y determinación de azúcares reductores para estimar las pérdidas de sacarosa. Se encontró un factor de pérdida de 0,320; 0,420; 0,505; 0,590 y 0,604 Kg. de azúcar/T.M. de caña por cada 1% de I.I. en Cañas, San Carlos, Grecia, Juan Viñas y Pérez Zeledón, respectivamente. Estos resultados permiten estimar las pérdidas económicas provocadas por los barrenadores en esas regiones de Costa Rica, según los niveles de daño y los rendimientos agroindustriales producidos por esas variedades.

### 1. INTRODUCCION

El Barrenador Común del Tallo (*Diatraea spp.*), constituye el mayor flagelo económico del cultivo, por los daños directos que ocasiona al construir galerías en el tallo y además, por ofrecer un fácil acceso a enfermedades fungosas como *Colletotrichum falcatum*. Went y *Fusarium moniliforme* Sheldon, agentes causales de la pudrición roja y enfermedades bacterianas, que dificultan la clarificación y el procesamiento de los jugos en ingenios por el desdoblamiento o inversión de la sacarosa a azúcares no cristalizables (Alpizar, 1983). En

forma indirecta esta plaga facilita el ingreso a plagas secundarias como el Picudo de la Caña (*Metamasius hemipterus serius*).

Cuando las larvas emergen se alimentan inicialmente de las células de parénquima de las hojas durante 2 ó 3 días, antes de penetrar al tallo. Después de la primera muda, ingresan por las yemas o por la zona de la vaina de la hoja, en la sección superior, para formar galerías internas que pueden ser transversales, longitudinales, o ambas. La literatura informa que características como la dureza de la epidermis y el contenido de fibra son elementos que limitan la entrada de larvas y permiten

a distintas variedades de caña comportarse en forma diferente al barrenador.

La larva al alimentarse de la fibra obstruye los haces vasculares, lo que impide el desarrollo fisiológico normal de la planta. En los tallos desarrollados, las larvas construyen galerías, en general, en forma longitudinal y transversal, esto produce la quiebra de la caña, de esta manera se reduce el tonelaje por área (Subirós, 1995).

En plantaciones de más de cuatro meses las larvas estimulan la formación de brotes laterales que afectan negativamente la acumulación de sacarosa.

En Costa Rica las especies identificadas y asociadas al cultivo de la caña de azúcar son:

- **D. saccharalis (Fabricius):** se encuentra principalmente en algunas áreas del Pacífico Seco, Valle Central y San Carlos.
- **D. tabernella (Dyar):** se localiza en zonas altas como Juan Viñas, Valle Central (San Ramón y Sarchí) y algunas partes de San Carlos.
- **D. guatemalaella (Shaus):** se ubica en la zona de San Carlos, Valle Central, Pérez Zeledón y Guanacaste. (Salazar, et al 1999a y 2000).

Esta plaga se maneja desde hace más de dos décadas mediante la implementación del Control Biológico del estadio larval mediante el uso del parasitoide *Cotesia flavipes* (Hym: Braconidae), reproducido masivamente en el laboratorio de la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Paralelamente a ello es fundamental conocer la intensidad de daño y la repercusión de la plaga sobre los rendimientos agroindustriales y económicos del cultivo, lo que se realiza por medio de la determinación de índices de daño en el cultivo y las pérdidas económicas.

Para realizar la evaluación de daño se toman en los frentes de corte al azar 10 cañas/ha, revisando en cada caña la presencia o no de perforaciones por barrenadores y contando el número de entrenudos que componen el tallo de la caña. Aquellas cañas que presentan perforaciones se abren longitudinalmente para determinar el número de entrenudos dañados. Estos muestreos son la herramienta que provee información importante para definir el área de acción durante el rebrote del cultivo, con el fin de ejercer el control de larvas de *Diatraea* spp. (Salazar, 1999).

Los índices de daño valorados en las plantaciones de caña de azúcar se realizan mediante el muestreo de tallos afectados por la plaga y se calculan según las siguientes ecuaciones:

$$\text{Infestación (I. \%)} = \frac{\text{Cañas perforadas}}{\text{Total de cañas}} \times 100$$

$$\text{Infestación de Infestación (I.I. \%)} = \frac{\text{Entrenudos barrenados}}{\text{Total de entrenudos}} \times 100$$

La Intensidad de Infestación es el parámetro más usado a nivel internacional para cuantificar los daños que ocasiona esta plaga. Para estimar el factor de pérdida (pérdida de kilogramos de azúcar por tonelada de caña), es recomendable utilizar ese parámetro y no el porcentaje de Infestación (I), ya que el primero da una mejor idea de la situación de la plaga, porque considera el total de entrenudos muestreados (Subirós, 1995).

Se consideró, realizar una serie de investigaciones en diferentes regiones con la intención de ajustar los índices existentes con respecto al factor de pérdida en virtud de los cambios tecnológicos a que ha sido sometido el cultivo de caña de azúcar en lo referente a variedades y manejo de plantaciones, no descartándose la presencia de variaciones en la distribución de especies del barrenador o cambios en sus hábitos biológicos. En las regiones cañeras se encuentran diversas condiciones de clima, suelos, variedades y especies del barrenador. Las referencias que se manejaban se basaban en los resultados obtenidos por Alpízar (1983) en la Hacienda Juan Viñas, Cartago y Valverde (1990) en Santa Fe, San Carlos, Alajuela.

## 2. OBJETIVOS

Se formularon los siguientes objetivos para el desarrollo de la investigación.

### 2.1 Objetivo General

- Cuantificar el Factor de Pérdida en kilogramos de azúcar por tonelada de caña en las diferentes regiones cañeras del país, según los índices de intensidad de infestación causados por *Diatraea* spp.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el Factor de Pérdida para seis regiones del país bajo diferentes condiciones de clima y manejo, así como diferentes especies del barrenador.
- Calcular las pérdidas económicas provocadas por el daño del barrenador.
- Medir los efectos de la Intensidad de Infestación sobre las variables % de pol, % sacarosa, % pureza, % de fibra, azúcares reductores, rendimiento industrial de azúcar y peso.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación Geográfica y Condiciones Ambientales

Se consideraron cinco de las principales regiones cañeras del país, zonas de influencia de los ingenios y de la mayor cantidad de productores de esas regiones. Además, se utilizaron lotes comerciales al momento de la cosecha de las variedades de mayor impacto para cada localidad en el periodo de zafra considerado.

**Grecia:** Estas áreas se ubican a una altitud entre los 530 y los 1500 m.s.n.m. La lluvia en esta zona es en promedio de 2.900 mm anuales. Posee una época seca definida, se inicia desde finales de noviembre y concluye al inicio del mes de mayo. La temperatura promedio presente en esta zona es de 22,4°C. Como su topografía es irregular, se dificulta las prácticas de cultivo mecanizadas. Además, existen algunos impedimentos en el acceso del agua por aspectos de topografía y falta de fuentes (Subiros, 1995). La zafra se extiende entre los meses de enero y mayo. La variedad utilizada fue SP 71-5574 cosechada a los 12 meses y un ciclo vegetativo de 5 socas.

**Juan Viñas:** Se cultiva caña a diferentes alturas, que van desde los 550 m.s.n.m hasta los 1.550 m.s.n.m. En esta región la precipitación es de 2.880 m.m. aproximadamente, y ocurre durante la mayor parte del año, con una disminución entre el mes de marzo y mediados de abril. La temperatura promedio es de 22,3°C., que hacen variar la edad de cosecha desde los 12 hasta los 24 meses. El periodo de zafra esta comprendido entre enero y junio. La topografía es irregular, con pendientes hasta del 20% (Subiros, 1995). La variedad utilizada fue H 61-1721 cosechada a los 22 meses de edad y un ciclo vegetativo de 3 socas.

**Pérez Zeledón:** Se cultiva en diferentes alturas desde los 400 m.s.n.m hasta los 750 m.s.n.m. La lluvia de esta zona es bastante elevada, alrededor de 3.280 mm al año; la temperatura es de 23,9° C. El periodo de la zafra esta comprendido entre el mes de enero y mayo. La variedad utilizada fue SP 71-5574 de 12 meses de edad y un ciclo vegetativo de 4 socas.

**San Carlos:** Las áreas de siembra se ubican en las altitudes que están entre los 40 y 680 m.s.n.m. En ellas llueve durante la mayoría del año, con precipitaciones superiores a los 3.930 mm, esta región posee una época corta menos lluviosa. La temperatura promedio se encuentra alrededor de los 23,6° C. La topografía del suelo es variable, las partes bajas son bastante planas, las áreas altas son más irregulares (Subiros, 1995). La variedad utilizada fue PINDAR de 12 meses de edad y un ciclo vegetativo de 3 socas.

**Cañas:** Estas áreas se ubican a una altitud entre los 150 y 350 m.s.n.m. La precipitación promedio es de 2.200 mm; dividida por dos épocas definidas, una época seca

(verano) que inicia a finales del mes de noviembre y concluye a finales del mes de abril y otra lluviosa (invierno) que comienza en el mes de mayo y concluye a finales de noviembre. La temperatura promedio anual es cercana los a 26°C. Posee, en general, topografía plana, lo que facilita la mayoría de las operaciones de manera mecánica (Subiros, 1995). El periodo de zafra inicia a finales de noviembre o principio de diciembre y termina en abril. La variedad utilizada fue SP 79-2233 de 2° soca y 12 meses de edad.

#### 3.2 Procedimiento de Campo

Para determinar el factor de pérdida, se tomaron las muestras de los entrenudos infestados por el barrenador. Se agruparon entrenudos barrenados y sanos, provenientes de tallos de cañas molederas comercialmente, los entrenudos se tomaron de los dos tercios inferiores del tallo de la caña. Se formó categorías o tratamientos conformados por entrenudos sanos y dañados, con una variación constante de un entrenudo perforado en forma ascendente a partir de 25 sanos (Testigo) hasta 25 dañados (100% de I.I.) obteniendo índices de intensidad de infestación con un espaciamiento de 4 % de I.I entre las categorías, repetidos tres veces. Cuando la disponibilidad de entrenudos afectados era limitada, se modifico el esquema, haciendo 11 agrupamientos de entrenudos obteniendo un índice máximo del 40% pero incrementando en una repetición (San Carlos y Cañas).

#### 3.3 Análisis Industrial

Los entrenudos de cada agrupamiento fueron llevados al Laboratorio Móvil de LAICA o al Laboratorio de Análisis de Jugos para Pago por Calidad del Ingenio en donde se determinaron los diferentes parámetros de valoración para estimar los rendimientos industriales. Los mismos se obtienen al tomar una muestra de 500 g de caña desintegrada de la cual se separa la fibra del jugo, determinándose a este último los porcentajes de brix, pol y pureza. Con esos parámetros y mediante cálculos de formulas matemáticas, se determina el rendimiento de sacarosa contenido en la muestra de caña.

#### 3.4 Determinación de Azúcares Reductores

Para la determinación del porcentaje de azúcares reductores se siguió el procedimiento establecido y recomendado por LAICA (1988), consistiendo en el uso de la Cromatografía Líquida de Alta Precisión (HPCL), la cual constituye una moderna técnica de análisis que separa por medios físicos-químicos componentes de la muestra, según su peso molecular, identificando y

cuantificando los porcentajes de fructosa y glucosa presentes en la solución.

### 3.5 Evaluación Estadística

El procesamiento de los datos obtenidos, se realizó por medio del Sistema de Análisis Estadístico (SAS) para cada una de las variables analizadas, se les aplicó diversos modelos de regresión que permitieron realizar el estudio del efecto de Intensidad de Infestación sobre las variables industriales. Se eligieron aquellos modelos que fueron significativos, según análisis de varianza realizado y que tuvieran una lógica del comportamiento biológico.

Cuando fue necesario, se aplicaron transformaciones a variables que no se distribuyeron normalmente. Las transformaciones utilizadas fueron la raíz cuadrada y la transformación angular ó arcoseno.

### 3.6 Estimación del Factor de Pérdida de Azúcar

Con los rendimientos estimados de azúcar para cada intensidad de infestación y utilizando la ecuación del modelo matemático seleccionado, se determinó la pérdida de azúcar por cada 1% de intensidad de infestación (Factor de Pérdida) y las respectivas pérdidas económicas.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Efecto sobre las Variables Industriales

En cada uno de los experimentos se encontró similitud en el comportamiento de las principales variables industriales valoradas. Se determinó una relación inversamente proporcional entre el incremento en los índices de Intensidad de Infestación y las variables Pol en Caña, Pureza, Sacarosa y Kg. de Azúcar/TMC. Efecto contrario, se observó con las variables Fibra% (Torta Residual) y Azúcares Reductores.

**Fibra:** La variable fibra (torta residual según la interpretación del análisis) presenta un incremento conforme incrementan los niveles de daño.

**Pol % en Caña:** Se encontró una disminución en el Pol%Caña (sacarosa aparente) entre 0,02% y 0,06% por cada 1% de I.I. en las diferentes regiones. Esta disminución se debe a que se reduce la sacarosa a azúcares no cristalizables por la acción del complejo larva - pudrición roja, lo que incide directamente sobre el contenido de sacarosa en la caña.

**Sacarosa:** Los rendimientos de sacarosa disminuyeron entre 0,03% y 0,08%. Esto ocurre por el desdoblamiento de la sacarosa a fructosa y glucosa. Ocurre una tendencia decreciente y constante del porcentaje de

sacarosa, al ir creciendo el porcentaje de intensidad de infestación. Al igual que el efecto en las variables pol y azúcares reductores, la importancia del daño que el Barrenador provoca es por una mayor incidencia de los hongos que provocan el desdoblamiento de la sacarosa a otros azúcares, por lo que conforme aumenta la I.I. las concentraciones de sacarosa presentes en el jugo de caña disminuyen.

**Pureza:** En este caso se determinó una disminución por unidad porcentual de I.I. entre 0,10% y 0,16%. La Pureza es la proporción en que se encuentra la sacarosa ó pol respecto a los sólidos totales. Hay que recordar que la pureza representa uno de los parámetros más importantes para seleccionar una buena variedad o condición favorable de materia prima.

**Azúcares Reductores:** La presencia de azúcares reductores (glucosa y fructuosa) aumentan al incrementar la I.I., esta tendencia se debe a que conforme aumenta la intensidad, los jugos van presentando un menor contenido de sacarosa verdadera, libre de impurezas, debido a que hay un desdoblamiento de la sacarosa. Cuando ocurre la descomposición y se da el desdoblamiento del disacárido a sus dos moléculas constituyentes de monosacáridos, se produce la acción enzimática de la invertasa sobre la sacarosa (azúcar no reductor). Estas enzimas por procesos de hidrólisis aumentan los contenidos de azúcares reductores en el jugo, con la consecuente pérdida de riqueza de azúcar extraíble.

Agentes causantes de la inversión de la sacarosa son los daños directos ocasionados por la larva del Barrenador, la pudrición roja causada por los hongos *Colletotrichum falcatum* y *Fusarium moniliforme*, el daño del Picudo *Metamasius hemipterus*, los efectos de las ratas; así como las rajaduras presentes en el tallo de la caña.

**Miel Final:** No se encontraron variaciones significativas en el contenido de mieles a diferente nivel de intensidad de infestación, pero es importante recordar que entre menores sean los valores obtenidos de miel, mayor será el azúcar cristalizable (sacarosa) contenida en los tallos y por tanto recuperable en la fábrica, por lo que la relación entre miel final y azúcar recuperable es inversa.

### 4.2 Efecto sobre los Rendimientos Industriales de Azúcar, Determinación del Factor de Pérdida y Estimaciones de Pérdidas Económicas para cada Región

El modelo de regresión que mejor se ajustó para esta variable fue el modelo lineal, excepto para la investigación realizada en Grecia, cuyo modelo fue el cuadrático que explica que la pérdida no es constante por cada nivel de daño; sino que el incremento en la pérdida, es mayor en cada nivel superior de intensidad (Barba, 1985;

Terán *et. al.*, 1983; y Ruiz *et. al.*, 1968). Este caso coincide con lo encontrado por Valverde, *et al* (1990) quién señala que las pérdidas ocasionadas por **D. tabernella** fueron crecientes en forma desigual, por cada nivel de infestación para cañas anuales.

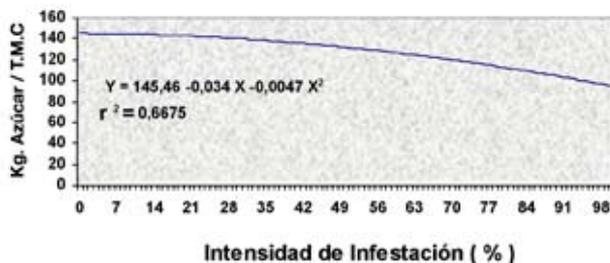
En los casos de Juan Viñas, Pérez Zeledón, San Carlos y Cañas se encontró una disminución directamente proporcional y de manera lineal de los rendimientos de azúcar conforme incrementaron los niveles de daño. Las diferencias fueron de 45%, 44%, 33% y 11% respectivamente para esas regiones.

Estos resultados demuestran la importancia de esta plaga y los efectos secundarios relacionados con ella sobre la calidad de la materia prima procesada en el ingenio, principalmente en la calidad de jugo, lo que se refleja sin duda alguna en los rendimientos económicos.

**Grecia:** Los resultados obtenidos en la localidad de Grecia muestran una reducción considerable del rendimiento de azúcar, conforme aumenta la I.I. pasando 148,7 kilogramos de azúcar por tonelada en el testigo (0 % de I.I.) a 89,0 Kg. en 100 % de I.I. lo que equivale a una disminución de 59,7 Kg. de azúcar entre ambos índices (40%). Se encontró una correlación negativa altamente significativa entre la intensidad de infestación y el rendimiento azúcar (r:-0,792).

El factor de pérdida estimado fue de 0,505 Kg. de azúcar por cada 1% de I.I.

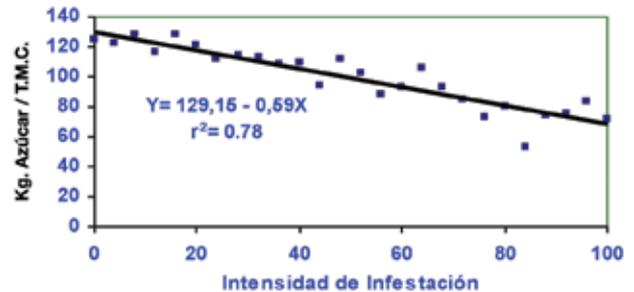
Si se estiman las pérdidas económicas a partir del factor determinado se concluye que en las condiciones del Valle Central, con la variedad SP 71-5574, que presentó un promedio de 3,77% de I.I. según los datos obtenidos en los muestreos en los frentes de corta durante la zafra 1998-1999, se perdieron 1,9 kilogramos de azúcar por tonelada de caña, que son equivalentes a \$27,1/ha.



**Figura 1.** Efecto de la Intensidad de Infestación sobre el Rendimiento Industrial de Azúcar en la Variedad SP 71-5574, Cooperativa Victoria Grecia 1999.

**Juan Viñas:** Se encontraron valores extremos de 129,15 Kg. y 70,43 Kg. de azúcar por tonelada de caña con 0% y con 100% de I.I., respectivamente, equivalentes a 19,0 y 10,4 toneladas de azúcar/ha. El modelo de regresión que mejor se ajustó para esta variable fue el lineal con un  $r^2$  de 78%. Se obtuvo un factor de pérdida

de 0,59 Kg. de azúcar por tonelada métrica de caña. Este valor representa la cantidad de rendimiento perdido por unidad de aumento en la intensidad de infestación. Efectuado un análisis en ocho lotes (72 ha) de la Hacienda Juan Viñas cosechados en el año 1.999 y aplicando el factor de pérdida según la I.I. encontrada, se determinó una pérdida promedio de \$53,2/ha, lo que demuestra la magnitud del daño en esa finca y la importancia de la estimación del factor de pérdida (Quirós, 2000).

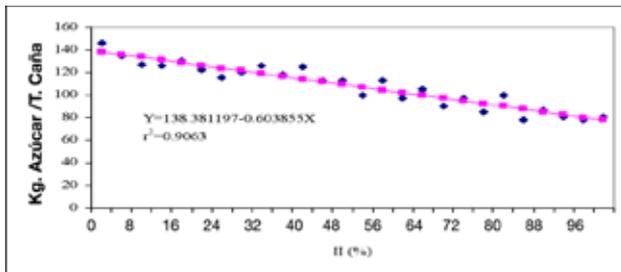


**Figura 2.** Efecto de la Intensidad de Infestación sobre el Rendimiento Industrial de Azúcar en la Variedad SP 71-5574. Juan Viñas. 1999.

**Pérez Zeledón:** Los resultados obtenidos muestran una tendencia a la disminución de los parámetros de calidad del análisis industrial (pol, pureza, sacarosa y rendimiento de azúcar/t de caña) conforme se incrementan los niveles de daño valorados. Por otra parte, la torta residual y los azúcares reductores incrementan según aumenta la intensidad de infestación. En la región sur se determinó la presencia de azúcares reductores a todos los niveles de daño, por lo que se tiene la hipótesis y por la observación de campo durante el desarrollo de la investigación, de que el periodo corta (caña quemada) - carga - molienda era mayor a lo recomendado. El factor de pérdida se estimó en caña cosechada quemada, lo que es probable que se favorecieran las pérdidas de azúcares, ya que en esa condición se desdobra la sacarosa a sus azúcares reductores, bajando los rendimientos. El efecto y consecuencias que la quema induce sobre los rendimientos industriales es difícil de cuantificar; no obstante, en Brasil, Australia y Colombia se considera que las pérdidas de sacarosa pueden alcanzar hasta 0,5 %, parte de lo cual se debe a pérdidas de peso y rendimiento (CENICAÑA, 1995).

Se determinó un factor de pérdida de 0,604 Kg. de azúcar por cada 1% de I.I. El modelo que mejor explica los resultados para la variable Kg. de azúcar por tonelada de caña es de tipo lineal con un  $r^2$  de 90.6%.

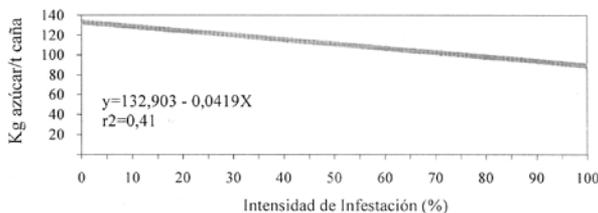
El análisis económico indica una pérdida de \$23,2/ha utilizando el promedio de los niveles de daño encontrados en los frentes de corta de las zafra 1993-94, 1996-97 y 1997-98. En promedio se pierden 1,88 Kg. de azúcar por tonelada cuando se tiene un valor promedio para la región de 3.11% de I.I.



**Figura 3.** Efecto de la Intensidad de Infestación sobre el Rendimiento Industrial de Azúcar en la Variedad SP 71-5574. Pérez Zeledón. 2000.

**San Carlos:** Al realizar los análisis estadísticos para el experimento efectuado en San Carlos se encontró un modelo de regresión lineal con un coeficiente de determinación muy bajo ( $r^2=0.41$ ). Se obtuvieron valores extremos al aplicar los cálculos matemáticos de 132,9 Kg. y 89,3 Kg. de azúcar/t caña con 0% y 100% de I.I., respectivamente. El factor de pérdida determinado fue de 0,42 Kg. de azúcar por cada 1% de I.I.

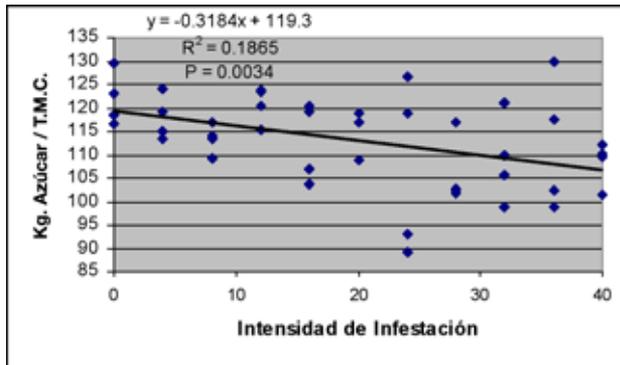
Al realizar el análisis económico se determinó una pérdida de \$23,9/ha utilizando una Intensidad de Infestación promedio de la zona de 4,27 para esa zafra. En promedio se pierden 1,79 Kg. de azúcar por tonelada.



**Figura 4.** Efecto de la Intensidad de Infestación sobre el Rendimiento Industrial de Azúcar, en la Variedad PINDAR, Boca de Arenal, San Carlos 2001.

**Cañas:** Se encontraron valores máximos y mínimos de producción de 119,30 Kg. y 106,56 Kg. de azúcar por tonelada de caña con 0 y 40% de I.I. Según lo anterior se puede decir que esta variedad presenta un factor de pérdida de 0.32 (Morera, 2005).

Si llevamos esto a las pérdidas de azúcar por hectárea tomando en cuenta una producción de 89 Toneladas por hectárea (0,68 Kg./TM Caña), se podría decir que se dejan de producir alrededor de 28 Kg. de azúcar por hectárea por cada 1% de intensidad de infestación; así a una I.I. de 0% se producirían alrededor de 10,62 toneladas de azúcar por hectárea y a 40% de I.I. 9,48TM/ha (Morera, 2005). Con una Intensidad de Infestación de 2,13%, las pérdidas son de US\$11,5/ha.



**Figura 5.** Efecto de la Intensidad de Infestación sobre el Rendimiento Industrial de Azúcar en la Variedad SP 79-2233, Taboga, Cañas. 2005.

Badilla, *et al* (1998) realizaron estudios en Venezuela para determinar el factor de pérdida en las variedades comerciales: C 32-368, CP 74-2005 y V 756, entre otras; donde el factor de pérdida encontrado para las tres variedades fue de **0,394, 0,415 y 0,340** kilogramos de azúcar por tonelada de caña, respectivamente. Además el factor de pérdida se comportó como un modelo cuadrático con los siguientes coeficientes de determinación ( $r^2$ ): 0,753, 0,747 y 0,690, respectivamente.

En Costa Rica se usaba el valor de 1,99 a 2,02 kilogramos de azúcar perdidos por tonelada de caña por cada 1 % de intensidad de infestación determinado por Alpizar (1983) en Juan Viñas con cañas bianuales.

El factor de pérdida depende de muchos aspectos que hay que considerar y que pueden ser muy variables como el manejo integral del cultivo, la variedad, las condiciones edafoclimáticas, comportamiento y colonización de la plaga y de sus enemigos naturales.

#### 4.3 Efecto sobre los Rendimientos Agrícolas (TM de Caña)

Badilla (1986) reporta los parámetros más bajos de factor de pérdida que se utilizan a nivel internacional, que mencionan que por cada 1 % de intensidad de infestación de daño provocado por *Diatraea* spp., en cañas anuales y bianuales, se pierde 0,1385 % de peso de caña por hectárea y un 0,48 % de azúcar por tonelada de caña.

Ensayos realizados por CENICAÑA indican que bajo las condiciones del Valle del Cauca en Colombia, el daño causado por el Barrenador se refleja en el tonelaje de caña procesada. Se calculó que por cada unidad de I.I. que aumentó el daño, se perdió en promedio el 0,70 % del tonelaje cosechado (Gómez y Lastra, 1995).

CUADRO 2  
Factor de Pérdida determinado en cinco diferentes regiones productoras de caña de azúcar de Costa Rica

LOCALIDAD	ALTITUD (m.s.n.m)	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACION (mm)	VARIEDAD	ESPECIE	FACTOR DE PERDIDA (KG)
Cañas	25	27,8	1466	SP 79-2233	<i>D. guatemalella</i>	0.320
San Carlos	65	26,0	3500	PINDAR	<i>D. guatemalella</i>	0.420
Grecia	1000	22,4	2900	SP 71-5574	<i>D. guatemalella</i>	0.505
Juan Viñas	1065	20,0	3500	H 61-1721	<i>D. tabernella</i>	0.590
Pérez Zeledón	560	23,9	3280	SP 71-5574	<i>D. guatemalella</i>	0.604

CUADRO 3  
Pérdidas Económicas (US\$/Ha) Determinadas al Aplicar el Factor de Pérdida, Nivel de Daño y Rendimiento Agrícola Estimado en Diferentes Regiones Productoras de Caña de Azúcar

LOCALIDAD	FACTOR DE PERDIDA (Kg. Az / cada 1% de I.I.)	INTENSIDAD DE INFESTACION (%)	TM DE CAÑA (Estimado/Ha)	PERDIDAS DE AZUCAR (Kg. /Ha.)	PERDIDAS ECONOMICAS (US\$/Ha)
Cañas	0.320	2,13	89	60,6	11,5
San Carlos	0.420	4,27	70	125,5	23,9
Grecia	0.505	3,77	75	142,8	27,1
Juan Viñas	0.590	3,25	147	281,9	53,2
Pérez Zeledón	0.604	3,11	65	122,1	23,2

Morera (2005) en la investigación realizada en el Ingenio Taboga determinó que al aumentar la intensidad de infestación el peso de las muestras de entrenudos disminuye debido, posiblemente, a las perforaciones que realiza esta plaga en las partes internas de la caña lo cual a su vez perjudica el desarrollo normal de la misma. Para una I.I. de 0% el peso fue de 2,44 y al 40% disminuyó a 2,14 (Figura 6), presentándose una disminución de 0.30 Kg., lo que corresponde a un 12% del peso total, muy superior a las referencias anteriores. Al realizar cálculos con la producción promedio de la variedad evaluada (SP 79-2233) de 89 TM por hectárea, representaría una pérdida bastante significativa, produciendo alrededor de 78.3 TM / ha con un 40% de intensidad de infestación (10.7 TM de Caña/Ha), lo que representa un valor importante y preocupante.

## CONCLUSIONES

- El incremento de la intensidad de infestación causada por *Diatraea tabernella* y *Diatraea guatemalella* en cada una de las variedades, provocó un aumento en el contenido de azúcares reductores y una disminución en el porcentaje de pol y de pureza del jugo.
- El porcentaje de fibra se incremento conforme aumentó la Intensidad de Infestación.
- Se encontró, de manera general, una disminución en los rendimientos de azúcar conforme se incrementaron los niveles de daño.
- El factor de pérdida de azúcar por tonelada de caña para la variedad H 61-1721 fue de 0,59 kilogramos

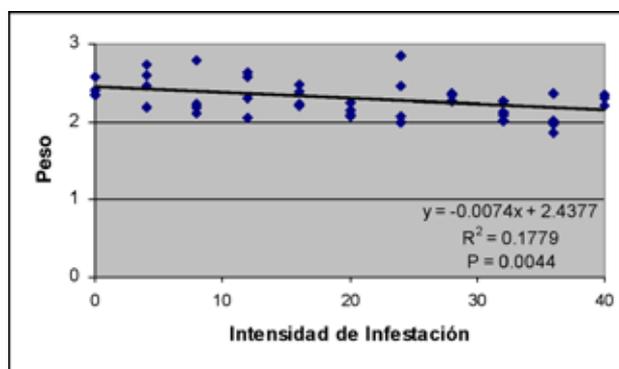


Figura 6. Peso de las Muestras a Diferente Intensidad de Infestación. Variedad SP 79-2233, Taboga, Cañas. 2005.

por cada 1% de intensidad de infestación ocasionada por los daños de *Diatraea tabernella*.

- El factor de pérdida debido al daño ocasionado por *Diatraea guatemalaella* en la variedad de caña de azúcar SP 71-5574, fue de 0,505 Kg. de azúcar por tonelada de caña para el Valle Central y de 0,604 para la región de Pérez Zeledón.
- El factor de pérdida para la variedad PINDAR en la región de San Carlos fue de 0,420 Kg. de azúcar por tonelada de caña, debido al daño ocasionado por *Diatraea guatemalaella*.
- El factor de pérdida de azúcar por tonelada de caña para la variedad SP 79-2233 en Cañas, fue de 0.32 kilogramos por cada 1% de intensidad de infestación de *Diatraea guatemalaella*.
- El peso presenta una disminución de 12% entre un 0% y un %40 de intensidad de infestación de *Diatraea guatemalaella*, lo que representó una pérdida de 10.7 kilogramos por hectárea en la variedad SP 79-2233.
- Se encontraron pérdidas agroindustriales entre 60,6 y 281,9 Kg. de azúcar/Ha, según la región, el rendimiento agrícola, la Intensidad de Infestación reportados y el factor de pérdida estimado.
- Las pérdidas de azúcar reportadas en las diversas regiones para cada factor de pérdida y nivel de daño fueron de 0,68, 1,80, 1,88, 1,90 y 1,91 para Cañas, San Carlos, Pérez Zeledón, Grecia y Juan Viñas, respectivamente.
- Económicamente, se nota una variación importante en las pérdidas por las diferentes interacciones de factores para cada región, encontrándose valores entre US\$11,5/Ha y US\$53,2/Ha.

## LITERATURA CONSULTADA

1. Alpizar, A. 1983. Evaluación de la incidencia y el daño de los taladradores en tres variedades de caña de azúcar. Práctica de graduación de Bachillerato. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. 69 p.
2. Badilla, F. 1986. Resultados obtenidos en el programa de combate biológico del taladrador de la caña de azúcar, *Diatraea tabernella* en la Hacienda Juan Viñas. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (Costa Rica). Boletín Informativo N° 27. 4 p.

3. ----- Uribe, E.; Arias, M. 1997. Determinación del factor de pérdida y el umbral económico para el control del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea spp.* (Lepidoptera: Pyralidae), en la Central Portuguesa, Acarigua, Venezuela. In Congreso de Entomología (4). San José, CR. p: 80.
4. Barba, M. 1985. Metodología para estimar pérdidas por *Diatraea saccharalis* Fab. en el proceso agroindustrial de la caña de azúcar en Cuba. Revista de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba. 44 (4): 18-24.
5. CENICAÑA. 1995. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cassalet, C; Torres, J; Ed. Cali, Colombia. 412 p.
6. Gómez, L; Lastra, L. 1995. Los barrenadores de la caña de azúcar. Su manejo y control Serie Divulgativa N° 6. CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). Cali, Colombia. 4 p.
7. LAICA (Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar). 1998. Reglamento para el pago de la caña de azúcar de acuerdo con su calidad. San José, CR. 24 p.
8. Quirós, O. 2000. Determinación del factor de pérdida según la intensidad de infestación ocasionada por *Diatraea tabernella* (Dyar) en la variedad de caña de azúcar H 61-1721 en la Hacienda Juan Viñas, Costa Rica. 62 p.
9. Morera S, Erick. 2005. Determinación del factor de pérdida según la intensidad de infestación ocasionada por *Diatraea guatemalaella* en el cultivo de la caña de azúcar en el Ingenio Taboga, Guanacaste. Práctica Profesional Supervisada. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional. 33 p.
10. Ruíz, M. A; Martínez, A; Flores, S. 1968. Statistical estimation of sugar cane losses due to borre attack (*Diatraea chilo*). Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists. 13: 1292-1295.
11. Salazar, J .D; Sáenz ,C; Oviedo, R; Alfaro, D. 1999. Control Biológico del Barrenador Común del tallo. *Diatraea spp* (Lep: Crambidae) en Costa Rica. In Congreso ATACORI (13, Guanacaste, C R). Memoria. San José, C R. p: 66 -67.
12. -----; Sáenz, C.; Oviedo, R.; y Alfaro, D. 1999a. Control Biológico del Barrenador Común del Tallo *Diatraea spp.* (Lep: Crambidae) en Costa Rica. In Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (11). San José, CR. EUNED. v 2, p: 175.
13. -----; Oviedo, R.; Sáenz, C. 2000. Resultados Obtenidos con el Control Biológico del Barrenador Común del Tallo *Diatraea spp.* (Lep: Crambidae) en Costa Rica. In Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica (5). San José, CR. ATACORI. p: 102-110.
14. Subiros, F. 1995. El Cultivo de la Caña de Azúcar. 1ª ed. EUNED. San José, Costa Rica. 565 p.
15. Terán, F.O; Precetti, A. A. C. M; Derneika, O. 1983. Broca de caña de azúcar, *Diatraea saccharalis*. Reuniao Técnica Agronómica. Plagas da cultura da cana -de -acucar. Centro de Tecnologia COPESUCAR, San Paulo, (Brasil), setiembre, p: 4-15.
16. Valverde, L.; Badilla, F.; Fuentes, G. 1990. Pérdidas de azúcar a nivel de fábrica, causadas por *Diatraea tabernella* en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en la Zona Alta de San Carlos. In Congreso Nacional de Entomología (1). Heredia, CR. p: 61-64.

## AVANCES EN LA PRODUCCIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

*Alejandro Rodríguez Morales*

Programa de Entomología, Dirección de Investigación y  
Extensión de la Caña de Azúcar. Estación Experimental  
DIECA, Grecia. E-mail: arodriguez@laica.co.cr

### INTRODUCCIÓN

Se detalla a continuación, una breve reseña de los inicios del Programa de Producción de Hongos Entomopatógenos (PHE) de DIECA y de cuáles fueron los justificantes para su creación; asimismo, se presentan y explican los principales avances de los últimos 3 años en cuanto a la investigación y desarrollo de nuevas metodologías para la producción y de Control de Calidad.

#### **1. INICIO DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS**

Durante el segundo quinquenio de la década de los 80's el cultivo de la caña de azúcar se vio severamente afectado por la plaga conocida como "Salivazo o Baba de Culebra" (HOM:CERCOPIDAE). Dicho insecto en sus géneros predominantes *Aeneolamia* y *Prosapia*, rápidamente se estableció en el cultivo, donde encontró no solo una fuente importante de nutrimentos y refugio, sino también, un ecosistema relativamente pobre en biodiversidad de enemigos naturales. Estas condiciones en conjunto, facilitaron la explosión de la plaga inicialmente en la Región Norte y posteriormente en el Pacífico Seco y otras regiones del país.

El daño más apreciable lo produce el insecto en su estado adulto ya que durante su alimentación, perfora la lámina foliar hasta alcanzar el interior de los haces vasculares de donde extrae su alimento; al hacer esto, el insecto inyecta con su saliva sustancias cáusticas y oxidantes, lo que ocasiona un amarillamiento del tejido adyacente, el cual posteriormente se necrosa (Badilla et al., 1990). Producto del ataque del insecto, se reportan pérdidas de hasta un 30% del tonelaje por el efecto de la plaga (Salazar, J.D. y Badilla, F., 1997); Flores, 1994., reporta pérdidas de 3 a 6 toneladas de caña por hectárea,

cuando se presentan poblaciones moderadas de 10 adultos por cepa.

Para su control y debido al "Traslape Generacional" de los picos poblacionales y a su magnitud, así como a la ubicación espacial de sus distintos estados (huevos, ninfas y adultos), se observó que para hacer descender a la plaga a niveles seguros, la frecuencia e intensidad de aplicación de algunas de estas herramientas debía ser muy alta, tornando al sistema poco viable y hasta riesgoso desde el punto de vista económico y ambiental.

Ante este panorama, fue necesario readecuar el Plan de Manejo Integrado (MIP) y lograr desarrollar una estrategia más eficiente, rentable y sostenible. En ese sentido, se integró al sistema el uso del Hongo Entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Metsch, Sorok), el cual se utilizaba con buen suceso en algunos países del continente americano y que cumplía además con los requerimientos estipulados. De esta forma y gracias al empeño y visión de varios funcionarios y directivos de DIECA, así como el apoyo financiero de la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), se logra fundar el PHE en el año de 1989.

#### **2. JUSTIFICACIÓN PARA UN PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN**

Los Bioplaguicidas en la actualidad, se están constituyendo en una herramienta fundamental dentro de los sistemas productivos de naturaleza agrícola, donde se pretende producir de manera rentable y sostenible, con el mínimo efecto sobre el Ambiente.

Este interesante grupo de organismos y sustancias biológicas, muestran un gran potencial de uso en una gran cantidad de cultivos y de sistemas de producción, no solo para el combate de una amplia gama de insectos plaga, sino también, para el combate de hongos y

bacterias fitopatógenas. Su relativo bajo costo de producción, su selectividad hacia otros organismos y su bajo o nulo nivel toxicológico, los hacen muy apetecidos tanto por Productores Convencionales como por Productores Orgánicos, Naturales o Alternativos. No obstante, se ha estimado que del total de Plaguicidas comercializados mundialmente, solo cerca del 2% pertenecen a algún tipo de bioplaguicida (CATIE, 2004).

Esta situación podría revertirse en el mediano plazo en nuestros países, siempre y cuando se confluyan y se fortalezcan las siguientes condiciones: a). Una Reglamentación para la Producción, Importación, Comercialización y Utilización de los Bioplaguicidas, lo cual debe conducir a que el mercado ofrezca suficiencia, calidad y variedad de productos; b). Un Ente Oficial Fiscalizador y Regulador y c). Una Cultura para la correcta utilización de los productos. Es precisamente debido a que esta condición está recién propiciándose y al hecho de que, aún pequeñas modificaciones o prácticas no adecuadas dentro de un Proceso Productivo de esta naturaleza, pueden llegar a producir grandes cambios –muchos de ellos negativos- en las características de los Biocontroladores, que se hace necesario e imprescindible, tanto un programa de Control de Calidad, como uno de Investigación.

### 3. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Se describe a continuación, algunos de los Proyectos de Investigación más recientes, que le han permitido al PHE de DIECA, mantenerse como un sistema apto para la producción de Hongos Entomopatógenos de Alta Calidad Integral.

Los proyectos de investigación se dividen en: a). Mejoramiento del Cepario o Banco de Cepas, b). Introducción del Sistema Bifásico de Producción con Matrices Líquidas y, c), Investigaciones sobre Sustratos de Producción.

#### 3.1. MEJORAMIENTO DEL CEPARIO

##### 3.1.1. CRÍA MASIVA DEL SALIVAZO Y SELECCIÓN DE AISLAMIENTOS POR SU PATOGENICIDAD

Tanto la Revigorización de los aislamientos como su buena selección en cuanto a su capacidad de infección hacia determinado insecto, debe de llevarse a cabo con material (insectos), preferiblemente provenientes de un pie de cría con condiciones sanitarias excelentes (Lecuona, 1996). Por mucho tiempo en el PHE, estas dos prácticas, se habían llevado a cabo mediante la utilización de insectos provenientes de campo, muchas veces de lugares muy lejanos y muy diferentes climatológicamente hablando, por lo que los resultados obtenidos no siempre fueron los mejores.

En este momento en la Estación Experimental de DIECA en Grecia, provincia de Alajuela, se lleva a cabo un Proyecto para el Establecimiento de una Cría del Salivazo, con el objeto de mejorar el sistema de Selección de cepas por su condición de Virulencia, Agresividad y Productividad en el laboratorio. El sistema que nació como una forma para la selección de pastos resistentes al Salivazo (CIAT, 1982), presenta las siguientes actividades: a). Siembra de *Brachiaria ruzizensis* (pasto susceptible) en potes; b). Recolección de insectos adultos y su acondicionamiento en los potes dentro de jaulas para la oviposición (invernadero); c). Obtención de huevos del insecto mediante el tamizaje del suelo en jaula de oviposición; d). Acondicionamiento de huevos en platos petri con papel filtro y obtención de ninfas; e). Selección de ninfas y su inoculación en *B. ruzizensis* (potes); f). Inicio de Bioensayos de Patogenicidad (ninfas y/o adultos).

Para este proyecto, se cuenta con la participación de la estudiante Marcela Acuña Porras (UCR), quien fue entrenada en las instalaciones del Centro Internacional de Agricultura Tropical (Cali, Colombia), durante el mes de marzo del presente año.

#### 3.1.2. CONSTITUCIÓN DEL CEPARIO

Se ha logrado adquirir de diferentes fuentes, una gran cantidad de nuevos aislamientos de los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus*, con los cuales, aumenta significativamente la posibilidad de encontrar altos índices de patogenicidad hacia las diferentes plagas de la caña de azúcar y otros cultivos.

El Total de aislamientos en la actualidad es de 42, de los cuales, 33 (78,6%) pertenecen al hongo *Metarhizium anisopliae*, 7 (16,6%) a *Beauveria bassiana* y 2 (4,8%) a *Paecilomyces lilacinus*. Asimismo, un total de 10 aislamientos (23,8%) ha sido obtenido de alguna especie de salivazo; 7 de alguna especie de escarábido (16,7%); 5 de la Broca del Café (11,9%); 3 de al menos dos especies de chicharras (7,1%); 2 de dos especies de curculiónidos; 1 especie de hormiga y de tinguillo (2,4%, cada uno). Además existe un 31,0% (13 aislamientos) compuesto por otras especies de insectos. Del total de aislamientos, 11 (26,2%) son de uso comercial en la actualidad.

#### 3.1.3. SISTEMAS DE CONSERVACIÓN DEL CEPARIO

Esta actividad es sumamente importante ya que permite por determinado espacio de tiempo, conservar los aislamientos y cepas comerciales, a partir de las cuales se inicia todo el proceso productivo o de donde se toma material para realizar los diferentes bioensayos y pruebas de patogenicidad. Además de las técnicas tradicionales para conservar los aislamientos (insecto en

sílica gel, arroz seco, PDA y hongo puro), se han unido dos más sumamente promisorias: el uso de Aceites de tipo Parafínico y la Peletización en Aceite de Hidrogenado de Canola (Rapeseed).

Los aceites en general han mostrado ser agentes fungistáticos, es decir, sustancias que inducen a los conidios a una especie de latencia. Para el caso de los aceites parafínicos, se ha logrado demostrar una moderada estabilidad con productos comerciales como SPRAYTEX, BANOLE y AGROL en mezcla con conidios del hongo *Metarhizium anisopliae* y bajo temperatura ambiente; sin embargo, la medición de la viabilidad se muestra muy variable, lo cual se debe lo inestable de su emulsión con el agente utilizado NP7, a la concentración utilizada (Alvarado, *et al*, 2004).

Por otro lado, los conidios tanto de *M. anisopliae* como de *B. bassiana* y otros hongos, puede ser estabilizados mediante su "Peletización" con aceites hidrogenados, tal es el caso de aceite de Canola el cual, esta siendo utilizado dentro del cepario de DIECA, inicialmente para la conservación de los principales aislamientos. Su almacenamiento y conservación se realiza dentro de tubos o Platos Petri a una temperatura de  $4 \pm 2$  °C. Este sistema de conservación permite mantener estable al hongo por plazos superiores a los 5 años (Hidalgo, 2006)..

Adicionalmente y como un aseguramiento extra a la estabilidad del cepario, DIECA ha logrado que sus principales aislamientos, sean también conservados en el Laboratorio de Fitoprotección del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), situado en Turrialba; en este centro se utiliza un Crío conservador, a una temperatura de -80 °C.

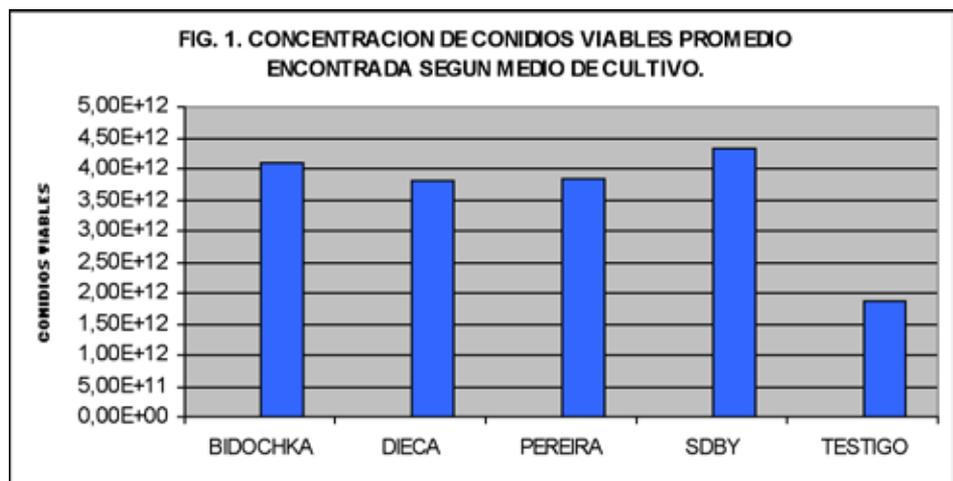
### 3.2. SISTEMA BIFÁSICO DE PRODUCCIÓN

Según varios autores (Batista-Alves, 1992; Lecuona, 1996), uno de los requisitos más importantes que debe cumplir cualquier sistema de producción masiva de hongos entomopatógenos, es mantener intactas las características de patogenicidad de los productos finales. Es bien conocido que uno de los factores que más atentan sobre esta condición, es el pase o "reciclaje" indiscriminado del hongo sobre medios orgánicos (sustratos), diferentes al insecto. Esta inadecuada práctica conduce por un lado, a la pérdida de la producción de las enzimas histolíticas a partir del hongo y que son necesarias

en el proceso de infección y, por el otro, al "acostumbramiento del hongo" hacia su fase saprofítica.

DIECA se ha preocupado por mantener la capacidad patogénica de sus aislamientos, mediante prácticas como la Revigorización y la limitación en el número de pases en sustratos orgánicos (PDA y Arroz). Sobre el segundo, desde 1997 se investiga sobre la conveniencia del uso del Sistema Bifásico de Producción, el cual involucra el uso de Matrices Líquidas que se preparan con sustancias como la Dextrosa, el Extracto de levadura y diferentes fuentes de carbohidratos (Sabouraud). El efecto en la conservación de la patogenicidad al utilizar este tipo de sustratos líquidos, se da por dos factores: el tipo y la concentración de las sustancias que lo forman y, el acortamiento en el número de pases totales de proceso, lo cual sucede al existir una inducción hacia la producción de micelio y de blastósporas, en lugar de conidios, es decir, el ciclo completo. Como beneficio adicional, se obtiene un significativo acortamiento en cerca de 8 a 10 días del proceso.

Como se señala posteriormente, ya en el año de 1997 se evaluaron diferentes sistemas de producción de hongos, siendo el Sistema bifásico con el medio líquido Sabouraud-Dextrosa-Yeast (SDBY), el sistema de producción que permitió alcanzar los mayores rendimientos de hongo (aislamiento Bb-0084) (DIECA, 1997). Más recientemente y debido al mayor costo de este tipo de medio y a la necesidad de fortalecer esta nueva metodología, se procedió a evaluar también, la producción utilizando otros tres tipos de medios líquidos similares: Pereira y Roberts, Bidochka y DIECA. La evaluación incluyó al medio SDBY, como testigo comercial. Como se aprecia en la figura 1, el mejor tratamiento para la producción de *M. anisopliae* (PI-43), de nuevo fue el medio SDBY, mostrando una concentración  $4.32 \times 10^{12}$  conidios viables/kg de producto comercial seco sobre arroz; en segundo lugar fue el medio BIDOCHKA con un 5% menos de concentración con respecto al primero; en tercer lugar se ubicó el



medio PEREIRA-ROBERTS con un 11.5% menos; el cuarto lugar fue ocupado por el medio denominado DIECA con un 11.6% menos. El testigo (producción convencional con matrices de arroz) se mostró como el tratamiento con el menor índice de producción de conidios, produciendo un 57.0%, respecto al mejor tratamiento. Este resultado es el que justifica que en la actualidad se utilice a la matriz líquida con medio SDBY.

### 3.3. INVESTIGACIONES SOBRE SUSTRATOS DE PRODUCCIÓN

Se ha comprobado que factores como el tipo de sustrato utilizado y el tiempo de cocción del mismo, definen en cierto porcentaje, las características del material resultante. Las investigaciones realizadas en DIECA desde el año 1996, han sido dirigidas hacia la búsqueda de sustratos que, por un lado, permitan alcanzar las concentraciones más elevadas de hongo por gramo de arroz del producto final y, por el otro, representen costos de adquisición menores, de tal forma que sea posible mantener tanto una buena producción, como un costo de producción competitivo.

Algunas de las investigaciones han sido las siguientes:

AÑO 1996: Evaluación de las marcas comerciales de arroz. TPR, 90:10 y TPA, 80:20, como sustratos para la reproducción del hongo *Metarhizium anisopliae*. Se encontró que el TPA siendo aún más barato y de grano entero 10% menor que el TPR, produce en promedio,  $1,2 \times 10^8$  conidios/g más (10,5%).

AÑO 1997: Evaluación de tres diferentes metodologías para la reproducción de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*. Se encontró que la utilización del medio líquido Sabouraud-Dextrose-Broth-Agar (SDB) como matriz líquida, permitió la máxima producción de conidios por gramo de producto comercial para ambos hongos, superando la metodología del CATIE y la de DIECA (matriz de arroz). La concentración (conidios/g) obtenida fue la siguiente:  $8,50 \times 10^8$  (*M. anisopliae*, ARE-1) y  $6,20 \times 10^7$ , (*B. bassiana*, Bb-0084).

AÑO 1998: Evaluación del Maíz Amarillo como sustrato alternativo para la reproducción del hongo *Metarhizium anisopliae*. Se encontró que el arroz tratado según la metodología de DIECA (cocción en agua hirviendo por espacio de 3 min.), produce en promedio, un 19,0% más de conidios en comparación con la productividad del maíz amarillo quebrado (sustrato más barato), puesto en agua durante 3 horas y, un 23,8% más de conidios, comparado con la productividad del maíz amarillo precocido en agua hirviendo durante 4 min.

Considerando que otros factores como el aporte de nutrientes al hongo, en función al tipo de sustrato y lo

que esto podría representar en términos de su virulencia y agresividad, podrían ser muy relevantes, las más recientes investigaciones han sido dirigidas precisamente a evaluar ese posible efecto. Así pues, las variables evaluadas fueron: Concentración, Viabilidad, Pureza Microbiológica (según procedimiento descrito por Rodríguez, 2000), Virulencia y Agresividad, inoculando larvas de 12 días de *Diatraea saccharalis* (LEP: CRAMBIDAE), acondicionadas en cajitas de Poliestireno Cristal, con la dieta utilizada por DIECA para la cría masiva del insecto (DIECA, 1994). Los resultados más importantes se describen a continuación.

#### 3.3.1. CONCENTRACIÓN

Al someter a 5 diferentes tipos de sustrato de arroz, según porcentaje de grano entero y quebrado (90:10, 80:20, 70:30, 60:40) y al sustrato de arroz precocido denominado como Rechazo Precocido, a tres diferentes tiempos de precocimiento en agua hirviendo (90, 120 y 150 segundos), se observó de manera general, que en la medida en que aumenta el tiempo de precocido y por tanto, el contenido final de agua en el grano de arroz, se produce un incremento en la concentración de conidios para todos los tipos de sustratos; esto posiblemente se deba a una mayor y más rápida colonización del grano y a una mayor agresividad del hongo bajo condiciones más húmedas. Este comportamiento se presentó en todos los casos, con excepción al sustrato 80:20 sometido a 2 minutos de precocimiento, lo cual pudo deberse a un error en el procesamiento de alguna de las muestras. El cuadro 1 muestra lo anteriormente descrito.

CUADRO 1  
CONCENTRACIÓN PROMEDIO (CONIDIOS/g) CON VIABILIDAD DE 100%, OBTENIDA SEGÚN TIPO DE SUSTRATO Y TIEMPO DE PRECOCIMIENTO.

SUSTRATO	TIEMPO DE PRECOCIMIENTO (MIN)		
	1:30	2:00	2:30
90:10	3,01E+09	3,62E+09	5,61E+09
80:20	4,85E+09	2,29E+09	6,23E+09
70:30	4,29E+09	4,30E+09	7,33E+09
60:40	5,14E+09	5,65E+09	8,52E+09
RECH. PREC.	4,53E+09	4,87E+09	6,49E+09

#### 3.3.2. VIABILIDAD

En todos los casos los índices de viabilidad fueron altos, observándose un rango de 90,2% A100%. No

obstante, se apreció una tendencia creciente en la viabilidad para los sustratos 60:40, 70:30 y Rechazo Precocido, los cuales coincidentalmente, mostraron los mayores contenidos de conidios. Esta característica posiblemente se deba a que en ese período de incubación y bajo las concentraciones de humedad del grano de dichos sustratos, la mayor agresividad que se presenta, permite por un lado, una más conspicua la germinación del conidio bajo el lente de alto poder (40X) y, por el otro, una activación del proceso germinatorio a un tiempo menor. Este comportamiento fue parcialmente observado para el resto de sustratos (80:20 y 90:10); para estos se observó más bien un decrecimiento en la germinación del material para el tiempo de precocimiento intermedio, lo cual no tiene una explicación lógica y posiblemente se deba al error experimental.

Adicionalmente, es importante señalar que no se observó ningún efecto sobre la germinación, cuando se comparan los resultados de los diferentes sustratos, según tiempo de precocimiento. El cuadro 2 muestra en detalle lo anteriormente mencionado.

CUADRO 2  
VIABILIDAD PROMEDIO (%) DE CONIDIOS OBTENIDA SEGÚN TIPO DE SUSTRATO Y TIEMPO DE PRECOCIMIENTO.

SUSTRATO	TIEMPO DE PRECOCIMIENTO (MIN)		
	1:30	2:00	2:30
90:10	94,0	90,2	100,0
80:20	94,0	90,6	100,0
70:30	92,0	96,1	100,0
60:40	96,0	96,4	100,0
RECH. PRECOCIDO	93,0	98,0	100,0

### 3.3.3. PUREZA MICROBIOLÓGICA

Las evaluaciones de pureza microbiológica muestran, para todos los tratamientos, índices mayores al 99%. Este resultado hace pensar que el tipo de arroz y/o su procesamiento, no influyen en la pureza del material.

### 3.3.4. VIRULENCIA Y AGRESIVIDAD

Se mostró una mayor virulencia del hongo para todos los tipos de sustrato, cuando el mismo fue tratado mediante su precocimiento durante 1:30 minutos; este resultado no obstante, no concuerda con lo anteriormente descrito acerca de la relación humedad-agresividad-productividad del hongo (puntos 3.3.1 y 3.3.2); se esperaba

por el contrario y siguiendo estos lineamientos, que a mayor actividad (humedad), se presentara una mayor mortalidad, precisamente por el efecto directo del hongo. Aunque no hay una explicación clara para este efecto, se ha demostrado que estos hongos (deuteromycetes) bajo situaciones de estrés, fisiológicamente tiende a variar el tipo y la concentración de ciertos tipos de metabolitos secundarios u otras sustancias, muchos de ellos con características biológicamente activas en contra de muchas familias de insectos; se ha demostrado además, que esta condición de estrés es también un detonante para el inicio de la conidificación, tal como sucede con la mayoría de los deuteromycetes (Batista-Alves, 1992). Otra posible explicación a estas diferencias podría darse debido a pequeñas diferencias entre los lotes de larvas utilizados, aún siendo éstos de la misma edad.

Por otro lado, al comparar los resultados tanto de virulencia como de agresividad del los hongos reproducidos mediante el uso de los diferentes tipos de sustratos, pero para un mismo tipo de precocimiento, no se observa una tendencia clara, por lo que se puede decir que el tipo de sustrato no influyó, en este caso, sobre la patogenicidad del hongo.

Debido a que en bioensayos anteriores se experimentó una alta mortalidad sobre los testigos utilizando tiempos de inmersión de 1 minuto, se decidió sumergir en este caso, a las larvas por 30 segundos. De esta manera, al presentarse en las dos pruebas realizadas (1:30 y 2:00 minutos de precocimiento), niveles de mortalidad en los testigos muy por debajo del 10%, nivel máximo permisible sugerido por Batista-Alves, 1992, es posible decir con un alto nivel de seguridad, que la mortalidad aunque baja, se debió única y exclusivamente al hongo adicionado.

Los datos obtenidos se muestran en los cuadros 3 y 4.

CUADRO 3  
VIRULENCIA (MORTALIDAD %) DE *Metarhizium anisopliae* SOBRE *Diatraea saccharalis* OBSERVADA SEGÚN TIPO DE SUSTRATO Y TIEMPO DE PRECOCIMIENTO

SUSTRATO	TIEMPO DE PRECOCIMIENTO (MIN)	
	1:30	2:30
TEST. ABSOLUTO	8	0
TEST. RELATIVO	4	0
90:10	44	24
80:20	28	20
70:30	44	32
60:40	28	20
RECH. PRECOCIDO	28	40

CUADRO 4  
AGRESIVIDAD MOSTRADA POR *Metarhizium anisopliae* SOBRE *Diatraea saccharalis* SEGÚN TIPO DE SUSTRATO Y TIEMPO DE PRECOCIMIENTO

SUSTRATO/FECHA	TIEMPO DE PRECOCIMIENTO							
	1:30				2:00			
	03/03/2006	06/03/2006	08/03/2006	10/03/2006	22/02/2006	24/02/2006	27/02/2003	03/03/2006
TA	0	0	0	0	1	1	1	2
TR	0	0	0	0	0	0	0	1
90:10	4	4	6	6	2	9	9	11
80:20	2	3	3	5	1	2	4	7
70:30	1	6	8	8	1	8	9	11
60:40	1	2	4	5	0	2	6	7
RECHAZO PREC.	2	6	7	10	0	3	4	7

CUADRO 5  
PRODUCTIVIDAD DE DIFERENTES LOTES COMERCIALES DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS SOMETIDOS A DIFERENTES TIPOS DE PREPARACIÓN DEL SUSTRATO (ARROZ). DIECA. JUNIO DE 2006.

LOTE N°	ESPECIE	CEPA	PREPARACIÓN DE SUSTRATO	CONIDIOS/g
50	<i>M. anisopliae</i>	D 0705	ADICIÓN DE 180ml	7,04E+09
50	<i>M. anisopliae</i>	D 0705	ADICIÓN DE 90ml	4,69E+09
50	<i>M. anisopliae</i>	D 0705	AGUA HIRVIENDO	3,62E+09
52	<i>M. anisopliae</i>	D 0705	ADICIÓN DE 180ml	3,06E+09
52	<i>M. anisopliae</i>	D 0705	ADICIÓN DE 90ml	2,45E+09
52	<i>M. anisopliae</i>	D 0705	AGUA HIRVIENDO	1,46E+09
53	<i>M. anisopliae</i>	D 0705	ADICIÓN DE 180ml	6,03E+09
53	<i>M. anisopliae</i>	D 0705	ADICIÓN DE 90ml	1,98E+09
53	<i>M. anisopliae</i>	D 0705	AGUA HIRVIENDO	1,52E+09
61	<i>B. bassiana</i>	D 0101	ADICIÓN DE 180ml	7,50E+09
61	<i>B. bassiana</i>	D 0101	ADICIÓN DE 90ml	6,80E+09
61	<i>B. bassiana</i>	D 0101	AGUA HIRVIENDO	3,25E+09
64	<i>B. bassiana</i>	D 0101	ADICIÓN DE 135ml	6,20E+09
64	<i>B. bassiana</i>	D 0101	ADICIÓN DE 180ml	5,71E+09
64	<i>B. bassiana</i>	D 0101	AGUA/15 HORAS	3,28E+09
64	<i>B. bassiana</i>	D 0101	AGUA HIRVIENDO	3,13E+09
64	<i>B. bassiana</i>	D 0101	ADICIÓN DE 90ml	2,94E+09
80	<i>B. bassiana</i>	D 0101	ADICIÓN DE 180ml	5,35E+09
80	<i>B. bassiana</i>	D 0101	AGUA HIRVIENDO	3,38E+09

### 3.3.5. CONCLUSIONES

La principal conclusión que se obtiene luego de haber evaluado los resultados, es que los sustratos de menor costo, con relaciones de grano quebrado más altas, permiten alcanzar niveles de calidad integral suficiente para mantenerlos como sustrato en el proceso de producción y así no incurrir en gastos innecesarios.

### 3.4. EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS, BAJO DOS SISTEMAS DE PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

Se llevan a cabo en el PHE diferentes pruebas piloto para evaluar la productividad del sistema de preparación del sustrato, sin la necesidad de precocerlo en agua hirviendo; esto es, adicionando diferentes cantidades de agua al sustrato (300g) y propiciando su precocimiento durante el proceso de esterilización (Autoclave a 121°C, 22-25lb/pul<sup>2</sup> de presión, por 30 min.).

Para comparar los resultados, se utilizaron muestras del producto comercial (METADIECA y BEAUVEDIECA) tratadas de forma convencional, es decir, precociendo el sustrato en agua hirviendo por espacio de 2min.

Los primeros resultados muestran una mayor concentración (conidios/g) de producto comercial, para los sustratos tratados mediante la incorporación del agua, a niveles de 90ml, 135ml y 180ml, por 300g de arroz (sustrato), para ambas especies de hongos.

El cuadro 5 muestra algunos resultados.

### 3.5. AVANCES EN ANÁLISIS Y TRAZABILIDAD DEL MATERIAL EN DESARROLLO.

La apariencia y calidad del material que ha sido inoculado dentro de Placas Petri, Matrices sólidas o líquidas, así como del material dentro de bolsas de polipropileno y bandejas de secado, es diariamente analizada de forma cualitativa y en algunos casos, de forma cuantitativa; años atrás, esta práctica se realizaba de manera mucho menos frecuente. Las características que se consideran en este proceso son: a) Sustratos Sólidos: cobertura del sustrato y el tiempo requerido para ello (vigor), color y tipo de crecimiento del hongo; b) Sustratos Líquidos: color, olor, viscosidad y presencia de otros microorganismos saprófitos, como levaduras, bacterias y otros hongos. Esta tarea unida al constante registro de cada actividad, permite identificar inmediatamente cualquier anomalía en el material y que podría considerarse como un factor directamente relacionado con una pérdida en la Calidad Integral del Producto; ante una situación como esta, los registros permiten identificar también al material (ubicación y cantidad) que posiblemente provocó el problema (trazabilidad).

### 3.6. ANÁLISIS Y TRAZABILIDAD DE HONGO EN ALMACENAJE

Una de las actividades que son actualmente implementadas es el Control de Calidad Post-Producción, es decir, la valoración del material al momento de finalizar el proceso productivo. En ese sentido, muestras representativas de cada lote de producción deben ser examinadas al momento de ser almacenadas y antes de ser liberadas. Las variables de calidad que se evalúan a todos los lotes de producción, son: Concentración (conidios/g), Viabilidad (%), y Pureza Microbiológica (ufc). El detalle de cada prueba se explicó en el punto 3.1.1.

Al mes de junio del presente año y luego de haber analizado 113 muestras de lotes de producción del primer semestre, únicamente el 4,4% no ha cumplido con el parámetro mínimo de viabilidad (90%); asimismo, el 14,2% de las muestras analizadas, han resultado con niveles de contaminación (*Penicillium* sp) superiores al 1% (el 8% con niveles superiores al 2%). Estos datos en conjunto, han permitido calcular que el 91,2% del total de lotes analizados, superan los niveles mínimos de concentración de conidios del hongo reproducido, con una viabilidad del 100%, la cual se ha establecido en  $1,5 \times 10^9$ .

### 4. METAS PROPUESTAS PARA AL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

- Desarrollo de Productos Comerciales de alta concentración (sin sustrato) formulados con base a sustancias que mantengan una viabilidad estable y prolongada sin la necesidad de una cadena de frío.
- Implementación de una Cría Masiva del Salivazo con el objeto de promover una selección eficiente y segura de cepas de acuerdo a su Patogenicidad.
- Fortalecimiento del cepario, no solo en cuanto al número y agresividad de sus cepas, sino que también, en cuanto a la estabilidad a lo largo del tiempo.
- Selección del tipo de procesamiento del sustrato (arroz) más adecuado para favorecer la productividad y la patogenicidad del producto final.
- Fortalecimiento del Programa de Control de Calidad con el objeto de incrementar la productividad del PHE y potenciar al máximo, la eficiencia de control de las cepas comerciales.
- Ampliar la investigación dirigida a nuevas técnicas de aplicación de los hongos, con el objeto de hacerlas más efectivas y económicas.

### BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. ALVARADO, E. 2004. Estabilización del Hongo Entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* utilizando Aceites Agrícolas del tipo

- Parafínico. Práctica Profesional Dirigida, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 35 p.
2. BADILLA, F; SÁENZ, C; VARGAS, J. Estrategias seguidas en el Control Biológico del Salivazo. San José, Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Costa Rica. 3 p.
  3. CATIE, 2004. Control Biológico de Plagas Agrícolas. Managua, Nicaragua. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 224 p.
  4. BATISTA-ALVES, S., 1992. Controle Microbiano de Insetos. Ed. Manole, Brasil. 375p.
  5. CIAT. 1982. Cercópidos Plagas de los Pastos en América Tropical. Biología y Control. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. CIAT. 51p.
  6. DIECA, 1994. Manual de Producción del Parasitoide *Cotesia flavipes* para el Control Biológico de los Taladradores de la Caña de Azúcar *Diatraea* spp en Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica. 21p.
  7. DIECA, 1996. Informe Anual de Labores Año 1996. Programa de Entomología. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, DIECA. San José, Costa Rica.
  8. DIECA, 1997. Informe Anual de Labores Año 1997. Programa de Entomología. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, DIECA. San José, Costa Rica.
  9. DIECA, 1998. Informe Anual de Labores Año 1998. Programa de Entomología. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. DIECA. San José, Costa Rica.
  10. FLORES, S. 1994. Las Plagas de la Caña de Azúcar en México. Veracruz, México. 1<sup>era</sup> Ed. Servicios Gráficos Orel. 350 p.
  11. HIDALGO, E. 2006. Desarrollo de Micoinsecticidas para el Manejo Integrado de la Mosca Blanca en Cultivos Frutales y Hortícolas en Zonas Neotropicales. In: Taller Desarrollo de Micoinsecticidas para Mosca Blanca. CATIE-CORPOICA. Turrialba, Costa Rica.
  12. LECUONA, R. E., 1996. "Microorganismos Patógenos Empleados en el Control Microbiano de Insectos Plaga. Talleres Gráficos Mariano, Buenos Aires, Argentina. 338 p.
  13. RODRIGUEZ, A. 2000. Fundamentos para la Producción y Uso de Hongos Entomopatógenos en el Control de Plagas de la Caña de Azúcar. En prensa. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA. Alajuela, Costa Rica. 52p.
  14. SALAZAR, J.D., BADILLA, F. 1997. Evaluación de dos Cepas del Hongo Entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* y seis Insecticidas Granulados en el Control del Salivazo (*Aeneolamia postica*) (HOM: CERCOPIIDAE) en Caña de Azúcar en la Región de San Carlos, Costa Rica. . Manejo Integrado de Plagas. 43:9-18.

## CRÍA MASIVA DEL SALIVAZO (HOM: CERCOPIDAE): UNA HERRAMIENTA PARA LA SELECCIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

Marcela Acuña Porras

Estudiante de Ing. Agronomía,  
Universidad de Costa Rica. marce81@costarricense.cr.

Alejandro Rodríguez Morales  
Programa de Entomología DIECA,  
Grecia, Alajuela. arodriguez@laica.co.cr

### RESUMEN

El Proyecto tiene como objetivo principal mantener una Cría Masiva del Salivazo, con características de alta sanidad, vigorosidad y estabilidad, a partir de la cual, se pueda obtener el material idóneo para realizar bioensayos de selección de cepas de Hongos Entomopatógenos, de acuerdo a su Virulencia y Agresividad. Las cepas seleccionadas, podrán ser posteriormente sometidas a diferentes ensayos de validación en campo, tanto sobre Pasturas, como sobre Caña de Azúcar, cultivos que son seriamente afectados por el insecto. La colonia se está estableciendo en la Estación Experimental de la Dirección de Investigación y extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), ubicada en el cantón de Grecia, Provincia de Alajuela a 950 msnm. La cría implica el uso de la especie de pasto *Brachiaria decumbens*, sobre cuyas raíces expuestas, las ninfas recién emergidas inician su alimentación y desarrollo. Para iniciar la colonia, los insectos se capturan directamente del campo y son luego acondicionados en cámaras de oviposición ubicadas en un invernadero; a partir de estas cámaras se obtienen los huevos necesarios para generar un nuevo ciclo de vida del insecto. El pasto *B. decumbens* al mostrar una alta susceptibilidad al salivazo, rápido crecimiento y de producción de raíces, es una especie apta para realizar crías de salivazo. Se estima que en el corto plazo, se logre mantener una cría con las características óptimas para realizar los bioensayos de selección y con esto, mejorar la patogenicidad de los aislamientos que se reproducen comercialmente.

### 1. INTRODUCCIÓN

El “Salivazo” o “Baba de Culebra” es una plaga muy importante que afecta a diferentes especies de plantas incluidas dentro de la familia *poaceae*, entre estas, lo hace muy severamente en muchos tipos de pasturas y variedades de Caña de Azúcar, lo cual es muy frecuente en Costa Rica y en otros países de América Latina y del Caribe. Los adultos inyectan una toxina que provoca el cambio de color en las hojas, desde verde hasta amarillo – café; esto provoca la muerte de la hoja y por consiguiente, se produce un decrecimiento importante en la capacidad fotosintética del tejido afectado. Bajo estas condiciones, la planta interrumpe su normal crecimiento y acumulación de sacarosa en el tallo y de azúcares en el jugo (DIECA 1999; Thompson y León 2005).

Las elevadas infestaciones de salivazo en el cultivo de la caña de azúcar se adjudican a un desequilibrio que se produce en el hábitat natural del insecto, donde las pasturas que son su hospedante natural, han sido sustituidas por otros cultivos, obligando a los adultos a emigrar. La caña de azúcar que no es su hospedante natural, ofrece concentraciones foliares de nitrógeno más bajas que las que normalmente presentan los pastos, por lo que el insecto debe de succionar altas cantidades de líquidos foliares para nutrirse, generando esto niveles de daño importantes. En Colombia Holmann y colaboradores (2004) reportan pérdidas en el trópico húmedo de \$ 7 - 25 millones de dólares en las 1.140.000 ha de pasto susceptibles a salivazo y en el trópico seco \$ 33 -118 millones de dólares en las 4.720.000 ha de pasto susceptible con una infestación moderadamente baja.

En caña desde 1988, se informó de la presencia de altas poblaciones de salivazo en las zonas cañeras del cantón de San Carlos, Costa Rica; y para el año 1991 se observaron los mayores daños en el cultivo, con niveles superiores a 3 adultos y 5 ninfas por tallo, lo que provocó pérdidas en el rendimiento de hasta un 30% (Holman *et al.* 2004; Salazar y Badilla 1997). Se ha observado además que la situación tiende a agravarse cuando el insecto se encuentra en suelos anegados (Badilla 2000).

La duración del ciclo de vida del insecto, así como el número total de generaciones anuales que se presentan, depende de la especie del salivazo y de las condiciones climáticas predominantes. En las zonas húmedas la plaga se encuentra durante todo el año, mientras que en regiones más secas, el período de infestación tiene la misma duración que la época lluviosa (Badilla 2002).

Para el combate de esta plaga una de las estrategias más utilizadas tanto en pasturas como en la caña de azúcar, ha sido el uso de Insecticidas Sintéticos, muchos de ellos no selectivos y con niveles de toxicidad altos, lo cual puede dañar al ambiente (residualidad en mantos acuíferos y daño a la fauna benéfica); además, estos productos pueden afectar al ser humano de manera directa (cuando se aplica) e indirecta (residuos en productos agrícolas y/o agroindustriales) (Peck y Morales 2000 -2002).

Las alternativas de manejo de esta plaga se orientan hacia el Manejo Integrado, mediante la utilización de estrategias y actividades como el uso de trampas adhesivas amarillas, el pase de arado y de "rastras sanitarias" para eliminar huevos en estado de diapáusa, implementación de muestreos poblacionales y medición de Niveles Críticos, la utilización de prácticas culturales y la aplicación del control biológico mediante la liberación de hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae*, el cual ha mostrado una alta especificidad hacia varios géneros y especies de salivazo (Badilla 2002; DIECA 1999).

La cría de insectos en laboratorio o en invernadero, debe ser una parte integral de cualquier programa de investigación en el área entomológica, ya que facilita varios procesos en muchas áreas, siendo esencial para la evaluación de cepas de hongos entomopatógenos donde es necesaria una constante y uniforme fuente de insecto plaga (Sotelo *et al.* 1989). De lo anterior se desprende la necesidad de desarrollar un método que permita la producción continua de todos los estados del insecto, lo que facilita una evaluación precisa y segura de cepas de hongos en condiciones de invernadero durante todo el año (Lapointe *et al.* 1989a). La importancia del mantenimiento de una colonia de insectos en el laboratorio, radica pues, en la necesidad de cuantificar la patogenicidad de los hongos entomopatógenos como *M. anisopliae*; esto permite además comparar la actividad insecticida de diferentes aislamientos y estandarizar productos formulados (Crespo *et al.* 1996).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la Agresividad y la Virulencia de diferentes aislamientos de hongos entomopatógenos sobre adultos, ninfas y huevos de salivazos plaga en pastos y caña de azúcar.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Validar la metodología de cría artificial del salivazo para los bioensayos propuestos.
- Cuantificar el inóculo secundario promedio que se produce a partir de un insecto parasitado.
- Determinar la patogenicidad de los aislamientos sobre huevos del salivazo.
- Mantener una producción continua de insectos en todos los estados de desarrollo.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La validación de la metodología de cría del salivazo (Lapointe 1989a; Rodríguez *et al.* 2002), se lleva a cabo en la Estación Experimental de la Dirección Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), localizado en Santa Gertudis Sur, cantón de Grecia, provincia de Alajuela, a 950 msnm.

La cría se ubica en un invernadero con dimensiones de 5m de ancho por 10 m de largo, con cielo de lámina transparente de policarbono (luminosidad 100%), con una altura de 4m, cubierto con Malla Antiáfidos color blanco. El invernadero cuenta además con un sistema de riego por Microaspersión Invertida (de abajo hacia arriba), con microaspersores de 1/8 de descarga, ubicados por debajo de los bancales cada 50cm; este sistema se encuentra programado para regar dos veces al día (6 am. y 12md). Las condiciones climáticas imperantes son: temperaturas entre los 30-35° C y humedad relativa entre los 55-60% por la mañana y del 90% tarde y noche.

La metodología para la cría es la siguiente:

### 3.1. ESTABLECIMIENTO PARCELA DE *B. decumbens*.

Dentro de la Estación Experimental se acondicionó un espacio de 4m<sup>2</sup> con el objeto de sembrar plantas de 22 días de desarrollo, del pasto utilizado en la cría del salivazo, para que de esta manera, se contara con suficiente material para el proceso. Estas plantas fueron obtenidas a partir de semilla sexual del pasto *B. decumbens* sembrada en almácigo (DIECA). Además se colectaron cepas adultas de la misma variedad en la zona de Muelle, San Carlos, para complementar el establecimiento de la parcela.

### 3.2. PREPARACIÓN DE POTES DE ALIMENTACIÓN

El sustrato de siembra del pasto en los potes, se compone de una mezcla de suelo, piedra molida y cachaza, con una relación 2:1:1. Con el objeto de evitar la proliferación de cualquier microorganismo que pudiese provocar alteraciones en los resultados de los bioensayos, esta mezcla es sometida a un proceso de esterilización mediante el uso de Autoclaves que funcionan a una temperatura de 121°C y 24lbs/pul<sup>2</sup> de presión; la mezcla se somete a estas condiciones por un espacio de 30min.

A continuación, se seleccionan brotes de plantas adultas de *B. decumbens* a los cuales se les poda la raíz y el follaje para que inicien rápidamente su rebrote y disponibilidad de tejido de alimento para el insecto (raíces secundarias expuestas); los brotes seleccionados y podados son lavados con agua potable y posteriormente, son desinfectados con insecticida (Malathion) y fungicida (Tiram) de amplio espectro; seguidamente, son sembrados en potes de 10cm de diámetro y fertilizados con una fórmula química rica en nitrógeno, fósforo y potasio (15-15-15).

Dos semanas después, las plantas son trasladadas a potes de 20cm diámetro que contienen suelo hasta  $\frac{3}{4}$  de su capacidad, sobre el cual se coloca la plantúla con las raíces sobre el montículo central. Para mantener una alta humedad relativa en la maceta, ésta se cubre con una tapa de aluminio pintada de blanco; la oscuridad que proporciona esta tapa para las ninfas. Cuando las plantas tienen 3 semanas de transplantadas y presentan un adecuado desarrollo radicular, se infesta cada una con 30 ninfas recién emergidas y se mantienen en la casa de malla durante todo el tiempo de desarrollo de las ninfas. El paso de un instar a otro se determina mediante la observación directa del crecimiento de la ninfa o presencia de la exuvia o muda (Fewkes y Demidecki, 1971; Lapointe *et al.*, 1989b; Rodríguez *et al.* 2003).

Los adultos recolectados en campo o bien obtenidos de la colonia son acondicionados dentro de una Cámara de Oviposición con dimensiones de 40x40x80cm; esta cámara cuenta con un piso o bandeja removible que contiene un sustrato de oviposición (barro colado de 0.5cm espesor) y aberturas laterales para poder introducir la parte aérea de las plantas mantenidas en potes de 20cm de diámetro, de donde se alimentarán los adultos. Los insectos se mantienen bajo estas condiciones por un período de una semana, luego del cual, el sustrato es retirado. Los huevos son separados del sustrato mediante flotamiento en agua saturada con Cloruro de Sodio (Sal) al 35% p/v, con la ayuda de Embudos de Separación de un litro de capacidad; los huevos extraídos son desinfectados mediante su inmersión por espacio de 1min, en una solución de Hipoclorito de Sodio (cloro) al 3% v/v; luego de esto, los huevos son lavados

repetidamente utilizando agua destilada estéril (ADE), con el objeto de eliminar cualquier residuo de cloro. Finalmente, los huevos son acondicionados en platos petri que contienen papel filtro humedecido con ADE hasta su eclosión. Las ninfas que emergen se trasladan en grupos de 30 a potes con *B. decumbens*, manipulados de tal forma que expongan grandes cantidades de raíces (sitios de alimentación).

### 3.3. OBTENCIÓN DE ADULTOS

Cuando las ninfas están próximas a mudar al estado adulto, los potes donde han estado desarrollándose, son trasladados y abiertos dentro de Cámaras de Captura; mediante remoción de las tapas de aluminio y recolección de los insectos, aprovechando el hábito del insecto adulto de permanecer dentro de la espuma ninfal durante algunas horas. Conforme van emergiendo como adultos, estos son introducidos en las Cámaras de Oviposición, dando continuidad al ciclo de la colonia (Lapointe *et al.* 1989).

### LITERATURA CITADA

1. Badilla, F. 2000. Utilización del control biológico y alternativas no químicas para el manejo de plagas insectiles en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. BIOASESORÍA INTERNACIONAL. sp.
2. Badilla, F. 2002. Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de caña de azúcar en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). 64: 77-87.
3. Crespo, C.; Leucona, R., Díaz, B., Stock, P. 1996. Cría de Insectos en Laboratorio. In: Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. (Ed. Roberto Leucona). Talleres Gráficos Mariano Mas. Buenos Aires, Argentina. p. 182-187.
4. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIE-CA). 1999. Plan de trabajo para la introducción del uso de hongos entomopatógenos como estrategia de control del salivazo (HOM: CERCOPIDAE) en el cultivo de la caña de azúcar en la Hacienda Juan Viñas. sp.
5. Fewkes, D.W.; Demidecki-Demidowicz, M.R. 1971. Rearing technique for sugar cane froghopper nymphs (Homoptera: Cercopidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 64(1):1471-1472.
6. Holmann, F.; Peck, D.; Lascano, C. 2004. El Daño Económico del Salivazo de los Pastos en Colombia: Una Primera Aproximación del Impacto Sobre la Producción Animal en *Brachiaria decumbens*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 15 p.
7. Lapointe, S.; Sotelo, G.; Arango, G. 1989a. Improved rearing technique for spittlebugs (Homoptera: Cercopidae). J. Econ. Entomol. 82(6): 1768-1770.
8. Lapointe, S.L.; Sotelo, G.; Serrano, M.S; Arango, G. 1989b. Cría Masiva de Especies de Cércopidos en Invernadero. Pasturas Tropicales 11(3): 25-28.
9. Peck, D.C.; Morales, A. 2000-2002. Establecimiento de hongos

- entomopatógenos como alternativa para manejar el salivazo de los pastos. Informe Final Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONATA) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 38 p.
10. Rodríguez, A. 2000. Fundamentos para la producción y uso de hongos entomopatógenos en el control de plagas de la caña de azúcar. Programa de control de plagas: Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA – LAICA). Grecia, Alajuela, Costa Rica. 52p.
  11. Rodríguez, J.; Castro, U.; Morales, A.; Peck, D. 2003. Biología del salivazo *Prosapia simulans* (Homoptera: Cercopidae), nueva plaga de gramíneas cultivadas en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 29(2): 149-155.
  12. Salazar, J.D.; Badilla, F. 1997. Evaluación de dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* y seis insecticidas granulados en el control de salivazo (*Aenolamia postica*) (HOM: CERCOPIDAE) en caña de azúcar en el región de San Carlos, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* 43: 9-18.
  13. Sotelo, G.; Arango, G.; Lapointe, S.L. 1989. Técnicas para el establecimiento de una colonia de salivazo de los pastos Zulia colombiana Lall. (Homoptera: Cercopidae) a nivel de laboratorio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 19 p.
  14. Thompson, V.; León, r. 2002. La identificación de las especies de salivazo, encontradas en caña de azúcar y pastos (Homoptera: Cercopidae) en Costa Rica. *In: Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. 14 p. (En prensa).

# PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL SALIVAZO (HOM:CERCOPI-DAE) EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Alejandro Rodríguez Morales, Carlos E. Sáenz Acosta, Daniel Alfaro Solís  
Programa de Entomología, Estación Experimental  
DIECA, Grecia, Alajuela, Costa Rica. E-mail: diecana@laica.co.cr

## 1. ANTECEDENTES

El desarrollo de las plagas va íntimamente ligado al manejo general del cultivo y a las condiciones climáticas de cada región; además, se sabe que en un monocultivo, en este caso la Caña de Azúcar, el potencial de autorregulación por medio de especies benéficas (depredadores, parásitos y patógenos), se ve significativamente disminuido. Esta situación deriva de la permanencia en determinado espacio físico, de un contenido genético uniforme (monocultivo), que permite únicamente permite la colonización de pocos organismos, normalmente diferentes a organismos benéficos. El efecto tiende a agravarse cuando la especie plantada ha sufrido durante su proceso de selección, la pérdida en la capacidad de sintetizar sustancias con características biocidas o repelentes, como en sus orígenes silvestres (Bustamante, 1999).

Ante este panorama, el camino a seguir no es únicamente la aplicación de agentes defensivos, sino, el monitoreo estricto de las áreas problemáticas y la aplicación de las herramientas y prácticas culturales que desfavorezcan y prevengan el desarrollo de plagas de importancia económica.

Para asegurar el éxito de este sistema propuesto, la Empresa o la Administración de la finca, debe comprometerse a: a). mantener un grupo de personas especializadas en el monitoreo de las plagas y en la correcta y oportuna aplicación de las estrategias de control (plagueros), b). en la medida de sus posibilidades, implementar al máximo las recomendaciones que se proporcionan en esta propuesta.

El problema del Salivazo en algunas localidades del Pacífico Seco, ha venido incrementándose en la medida en que se ha incrementado el sistema de cosecha en verde. Bajo este sistema se ha observado como el insecto

logra desarrollarse aprovechando la humedad residual del riego post-zafra, que se mantiene y prolonga debajo del "mulch" o restos de la cosecha, sobre todo cuando se está en la presencia de suelos pesados y de baja permeabilidad. Esta condición provoca a su vez un adelanto en el primer pico generacional del insecto, que puede darse incluso a finales de mayo (DIECA, 2004); si esto coincide con un año de alta precipitación, la plaga puede llegar a niveles lo suficientemente altos, como para provocar pérdidas significativas, tanto en tonelaje como en producción de azúcar. Los géneros predominantes de este insecto en la caña de azúcar son *Aeneolamia* y *Prosapia*, siendo el primero el más importante con las especies *A. albofasciata* y *A. postica* (Thompson y León, 2002).

La presente propuesta tiene el objeto de conducir y facilitar la implementación del sistema de Manejo Integrado de Plagas (MIP), en este caso, como un sistema íntimamente asociado al Manejo Integrado del Cultivo de la Caña de azúcar, sobre todo, en fincas donde el sistema de "cosecha en verde" (sin quema para la cosecha), ha incidido positivamente en el desarrollo del Salivazo, incrementado el nivel de daño observado.

## 2. ACTIVIDADES PROPUESTAS

Las actividades involucradas dentro del Sistema de Manejo Integrado del Salivazo, pueden clasificarse en Preventivas y Curativas

### 2.1. ACTIVIDADES PREVENTIVAS

Esta etapa del MIP tiene el objetivo de evitar la aparición temprana del primer pico generacional y, minimizar la posibilidad de que se presenten durante este, altas poblaciones y niveles de daño importantes. Es en sí, un sistema que busca desfavorecer la proliferación,

multiplicación y diseminación de la plaga. Las actividades principales son: a). Mapeo de distribución y Severidad de la plaga, b). monitoreo de huevos, c) uso de la rastra sanitaria, d). manejo de drenajes y combate de malezas hospederas y e). movimientos de suelo.

### 2.1.1. MONITOREO DE HUEVOS DIAPAUSICOS

Esta técnica tiene el objeto de referenciar los lotes que eventualmente desarrollarán las infestaciones más severas de la plaga, con el suficiente tiempo -incluso meses-, para programar algunas de las diferentes estrategias de control preventivo.

Este monitoreo será implementado en aquellos lotes en los que históricamente la plaga ha sido importante. Será necesario entonces, mantener la mayor cantidad de registros de población, daño (% foliar dañado) y productividad. De manera práctica para recavar la información solicitada, se pueden definir tres niveles de severidad de la plaga, como se muestra en el cuadro 1:

CUADRO 1  
REGISTRO DE NIVELES DE SEVERIDAD Y DE GENERACIÓN DE DAÑO  
DEBIDOS AL ATAQUE DEL SALIVAZO

SEVERIDAD	POBLACIÓN (ADULTOS/TALLO)	AREA FOLIAR DAÑADA (%)	PRODUCTIVIDAD	
			TON/HA	AZ/TON
LEVE	MENOR A 0.2	MENOR AL 15%		
MODERADA	MAYOR A 0.2 Y MENOR A 1.0	MAYOR AL 15% Y MENOR AL 40%		
ALTA	MAYOR A 1.0	MAYOR AL 40%		

Se describe a continuación la metodología para extraer, manipular y procesar la muestra, así como, calcular la población de huevos en estado de diapausa.

### 2.1.2. METODOLOGÍA PARA CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN DE HUEVOS DIAPÁUSICOS DEL SALIVAZO

La técnica que se describe es una adaptación de la metodología descrita en 1996, por el Ingeniero Miguel Arias, funcionario que durante ese período laboraba para el ingenio Central Portuguesa de Venezuela.

A. EXTRACCION DE LA MUESTRA: se retira la cobertura vegetal, piedras, terrones y raíces del sitio escogido para tomar la muestra; posteriormente se introduce un marco de metal de 30cm de lado y 6cm de canto, dentro del perfil del suelo, hasta quedar al ras. DIECA ha comprobado que el 90% de los huevos se ubican en los primeros 60cm de radio, a partir de la cepa, por lo que la muestra debe de provenir de esa porción. Esta muestra (750g aproximadamente), debe extraerse en un número

no menor a 5 veces por hectárea, lo cual es válido hasta para lotes de 5 has. Las muestras extraídas deben de ser embolsadas, rotuladas y protegidas del sol; además, deben de conducirse dentro de hieleras y llevadas lo antes posible al sitio de su procesamiento.

B. PREPARACION DE LA MUESTRA: las muestras tomadas se colocan en cajas plásticas o en bandejas para que se sequen a temperatura ambiente; una vez hecho esto, las muestras de un mismo lote, son homogenizadas y se les extrae una submuestra de 250g para continuar el proceso. Esta submuestra seca, se agita en agua hasta que todos los terrones queden desechos; luego de esto, se hace pasar por un tandem de 3 tamices (20, 40 y 60 mesh). El suelo que logra pasar el tamiz de 60 mesh (fondo), es el que contiene los huevos del insecto. Este residuo primero se pesa y luego se le extrae una muestra de 5g, la cual se transfiere a un Embudo Separador que contiene agua saturada con sal común (NaCl). Debido a la agitación y a que la densidad de los huevecillos es menor a la del agua, estos tienden a flotar por lo que fácilmente son extraídos.

C. CLASIFICACION DE HUEVECILLOS Y CALCULO DE POBLACION: para la clasificación de los huevos se utilizan 3 parámetros: huevos fértiles (turgentes, con una coloración cremosa o amarillenta, con el opérculo ligeramente pardo o totalmente oscuro); huevos no fértiles (no turgentes, con coloraciones rojizas u oscuras); huevos depredados (con indicios de haber sido abiertos por algún depredador). El cálculo se realiza tomando en cuenta los siguientes aspectos: huevos en muestra de 5g, huevos en muestra de 250g, huevos en peso total de muestra del lote (muestra compuesta por submuestras); volumen (cm<sup>3</sup>) de la muestra inicial (N° de muestras x 30x30x6cm), volumen de suelo por hectárea de caña sembrada en surcos a 1,5m (6667m. lineales); hay que considerar además que el 90% de los huevos está en las cercanías de la cepa y que puede experimentarse una mortalidad natural de huevos del 70-80%. Al registro pueden adicionársele los resultados de los muestreos de huevos, cada vez que estos sean obtenidos.

### 2.1.1. QUEMA Y PASO DE RASTRA SANITARIA

Luego del procesamiento de las muestras de suelo y cuando se ha identificado lotes con niveles superiores a los 200.000 huevos fértiles en promedio por hectárea, se recomienda el uso de la Rastra Sanitaria; para esto, como es el caso de los lotes con cosecha en verde, la práctica debe de estar precedida del acordonamiento -por ejemplo, mediante Rastrillos o Cepillos Hileradores"- o de la quema del rastrojo, para facilitar la penetración de los discos. DIECA ha comprobado que esta herramienta puede eliminar hasta en un 75% los bancos de huevos en el suelo (DIECA, 2000a). Debe también notarse que,

tanto la quema como el paso de la rastra sanitaria, se recomiendan única y exclusivamente cuando las poblaciones de huevos son altas; a los lotes que muestran niveles moderados de huevos, se les da seguimiento (monitoreo) y se les aplicará de ser necesario, otras prácticas de control. El cuadro 2 muestra las características de la rastra que se recomienda.

CUADRO 2  
DETALLES TÉCNICOS DE LA RASTRA SANITARIA

UTILIZACIÓN	RENOVACIÓN DE LOTES O EN SOCAS
EN RENOVACIONES	2 PASES (8 Y 15 DDC)
EN SOCAS	UN PASE 8 DDC, OTRO PERPENDICULAR EN LOTES DE ALTA INFESTACIÓN
CUERPOS	2 (18-21 DISCOS C/U)
DISCOS	LISOS SIN ÁNGULO, DIAM. 20-22 PULG.

Acerca del uso de los rastrillos, estos con el simple hecho de apartar los rastrojos de la base de las cepas, permiten la aireación de la zona y con esto, desfavorecen la proliferación de las ninfas.

Otras alternativas aunque menos desarrolladas en nuestro país para acelerar la mineralización de los residuos vegetales, podrían ser el uso de productos Enzimáticos y “Microorganismos Eficientes”.

### 2.1.2. DRENAJES Y CONTROL DE MALEZAS HOSPEDERAS

Está demostrado que el Salivazo apetece y se desarrolla más fácilmente en aquellas áreas que tienden a empozarse, por lo que el arreglo de los drenajes es sumamente importante.

Las malezas hospederas del salivazo y que crecen tanto en los bordes de los lotes como es su interior, así como en los canales de riego, deben de mantenerse bajo control, ya que algunas de ellas facilitan la permanencia y el desarrollo del insecto, aún en la ausencia de la caña; además estas malezas hospederas funcionan como puentes para que la plaga migre a otros cañales no infestados.

### 2.1.3. MOVIMIENTOS DE SUELO

Con la caña ya retoñada la práctica de mover o voltear el suelo en las cercanías de las cepas, contribuye a exponer una gran cantidad de huevecillos a factores como la luz, altas temperaturas y a la acción de los depredadores. Las alternativas son variadas, dependiendo de las condiciones del lugar específico, el cultivo y la disponibilidad de equipos y recursos. Algunas de estas herramientas pueden ser también utilizadas de forma Curativa Tempora-

na, ya que tienen aplicabilidad en condiciones en las cuales el insecto está presente como ninfa. Las herramientas recomendadas se muestran en el cuadro 3.

CUADRO 3  
EQUIPOS UTILIZADOS PARA MANEJO PREVENTIVO Y CURATIVO TEMPORANO DEL SALIVAZO

ESCARIFICADOR	Airea el suelo, favorece la infiltración de agua, aumenta la renovación de raíces, alinea el surco y ejerce control sobre huevos
DESAPORCADOR-APORCADOR	Retira suelo desde la cepa, moviéndolo hacia el centro del surco y viceversa, lo que contribuye a eliminar una gran cantidad de huevos y a enterrar a muchas ninfas. Esta actividad además, fortalece la cepa y ayuda a conformar el surco
CULTIVADOR	Ejerce un buen control de malezas y a la vez, elimina muchos huevos
SUBSOLADOR	Favorece la descompactación del suelo, mejora la infiltración del agua, así como el desarrollo y la renovación radical. En alguna medida controla huevos y ninfas

## 2.2. ACTIVIDADES CURATIVAS.

La efectividad del uso de las estrategias de curación de la plaga, así como su costo, está directamente relacionada con la toma de decisión acerca del momento de su aplicación. Normalmente se experimenta un mejor resultado cuando estas prácticas se utilizan encontrándose en niveles bajos o insipientes de la plaga. El control de una plaga muy establecida, diseminada y que ya ha generado un nivel de daño considerable, exige el uso de alternativas más radicales, como el uso de insecticidas sintéticos. Precisamente un buen sistema de prevención y de monitoreo constante, es la clave para evitar que esto llegue a suceder.

### 2.2.1. USO DE TRAMPAS ADHESIVAS AMARILLAS

Estas trampas funcionan tanto para el monitoreo como para el control masivo de la plaga en su estado adulto. En el primer caso, al inicio de las lluvias, deben de colocarse 5 trampas por hectárea, las cuales funcionarán como estaciones fijas de monitoreo (figura 1).

Cuando comienzan a aparecer los primeros insectos adheridos, es importante verificar mediante la cuantificación promedio por tallo, el número de ninfas y de adultos presentes; para ello, deben fijarse al menos 5 estaciones de 5 metros lineales cada una, lo que es válido hasta áreas de 5 hectáreas. La distribución de las estaciones es similar a la que se muestra en la figura 1. Con esta información puede decidirse acerca de la posibilidad de aplicar el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* o cualquier otro tipo de defensivo.

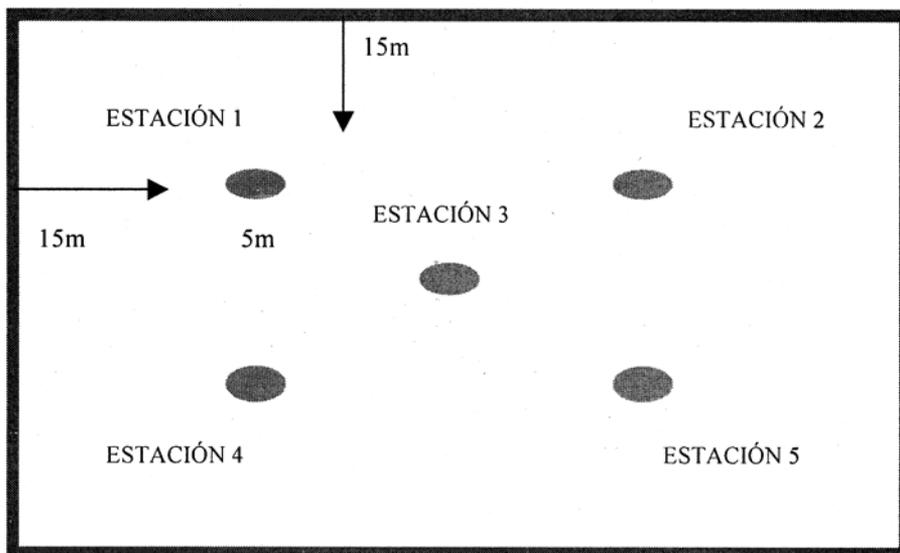
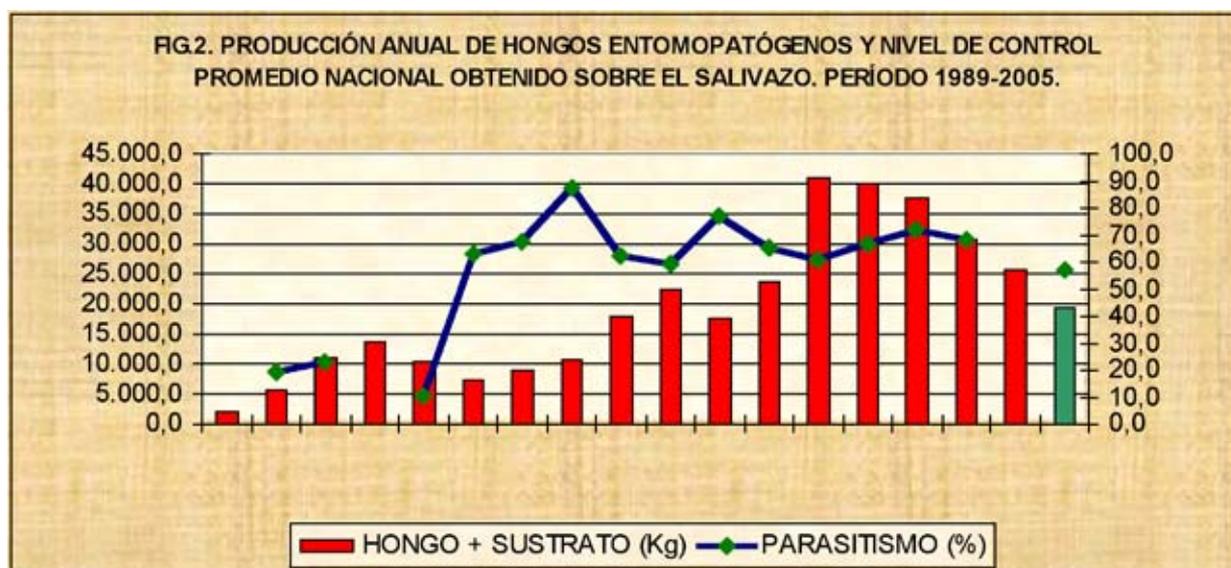


Figura 1. Ubicación de Trampas Adhesivas Amarillas para el monitoreo de adultos del Salivazo.

### 2.2.2. APLICACIÓN DEL HONGO *Metarhizium anisopliae* (NINFAS O ADULTOS)

Se ha podido comprobar que la aplicación del hongo *M. anisopliae* hacia las ninfas cuando estas predominan, tiene un mejor efecto de control que cuando la aplicación es dirigida hacia los adultos. Su explicación se fundamenta en que las primeras no presentan una cobertura tan quitinizada e impermeable como la de los adultos y a que al mudar cinco veces, en determinado momento, quedan prácticamente desnudas y muy propensas a la acción del hongo. Por otro lado, el mucílago (la espuma) si bien es una barrera física para el arribo de

las esporas del hongo, las ninfas deben migrar constantemente en su búsqueda de nuevas raíces adventicias, momento en el cual, quedan expuestas a la presencia de conidios infectivos. Es importante también tener en cuenta que la efectividad de la aplicación se maximiza cuando, en lugar de aplicar grandes cantidades de hongo (aplicación inundativa), bajo niveles elevados del insecto, las aplicaciones son iniciadas cuando los niveles poblacionales de ninfas y de adultos son de 0,1 y 0,2 individuos en promedio por tallo, respectivamente, utilizando dosis menores, pero mayores frecuencias de aplicación, todo con el objeto de que en el tiempo, se mantenga una buena presión de inóculo para dar inicio a una epizootia.



LAICA mediante la operación del su Programa de Reproducción de Hongos Entomopatógenos (PHE), anualmente distribuye dentro de sus asociados, el hongo requerido para atender problemas de plagas en cerca de 5.500 hectáreas al año; además, siempre ha existido, gracias a la implementación de diversos mecanismos o planes de contingencia, la posibilidad de incrementar la frecuencia e intensidad de las liberaciones en aquellas regiones en donde es necesario. Los resultados de las aplicaciones han sido de manera general, muy satisfactorios. La figura 2 muestra los niveles de producción de hongos del PHE y los resultados promedio en el ámbito nacional, que se han obtenido sobre el salivazo.

Con el objeto de potencializar la actividad de control del hongo, se recomienda lo siguiente:

**A. MONITOREO CONSTANTE DE LA PLAGA**

Esto asegura iniciar su aplicación cuando los niveles de población son los adecuados (inferior a 0.1 y 0.2 adultos y ninfas por tallo, respectivamente).

**B. TRANSPORTE EFICIENTE Y SEGURO**

El PHE cuenta con las hieleras y dispone de un vehículo que dentro de sus actividades distribuye el material por todo el País; sin embargo, no es posible por distintas razones, abarcar el 100% de las necesidades. Por tal motivo, la adquisición de hieleras por parte de los usuarios, así como su acarreo a los sitios de aplicación, debe ser también responsabilidad de los mismos.

**C. APLICACIÓN DEL HONGO**

Como cualquier agente de control biológico, el hongo es un organismo vivo, por tanto, es susceptible a factores de diversa índole. Estos factores se pueden dividir en dos grupos:

- a. FACTORES ABIÓTICOS
- b. FACTORES BIÓTICOS

Los primeros están íntimamente ligados al clima (luz, temperatura y humedad relativa), al proceso de preparación de la mezcla y a la aplicación del patógeno. La recomendación va dirigida a proteger a la espora de la luz ultravioleta y de las altas temperaturas; por esa razón, se recomienda la aplicación al final de la tarde. No obstante, con el uso de aceites agrícolas (parafínicos) que filtran la luz ultravioleta y evitan la pérdida drástica de humedad de la espora, es posible adelantar

la aplicación a horas más tempranas. Otros factores abióticos que pueden afectar son: las características del agua que se utiliza, sobre todo cuando el hongo debe de reposar por más de una hora; el agua debe de contener menos de 100 partes por millón (PPM) de carbonatos y poseer un pH ligeramente ácido (6.5); afecta también la presencia de sustancias químicas en baldes, estañones y equipos de aplicación y de preparación de la mezcla; la calidad de la aplicación de estos últimos, es igualmente importante. No se debe obviar que algunos productos humectantes por su naturaleza o por ser utilizados a dosis no recomendadas, pueden afectar al hongo. DIECA recomienda el uso de los siguientes productos comerciales: TERCO, WK, TWEEN 20 y NP7, todos a concentraciones de entre 0.005 y 0.01% (10 a 20 ml por cada 200 L) (Rodríguez, 2000).

Los factores bióticos son: virulencia y agresividad del hongo, dosis aplicada y nivel poblacional del insecto, estadio del insecto (susceptibilidad) y su ubicación, así como la biomasa o cobertura del cultivo.

El rango de dosis a aplicar va de  $2.5 \times 10^{12}$  (DOSIS BAJA) a  $5.0 \times 10^{12}$  (DOSIS ALTA) esporas por hectárea, por aplicación. Esta cantidad va de acuerdo al tipo de formulación, tal como lo muestra el cuadro 4.

CUADRO 4  
DOSIFICACIÓN DE *M. anisopliae* SEGÚN LA FORMULACIÓN DEL PRODUCTO COMERCIAL

FORMULACIÓN	DOSIS BAJA	DOSIS ALTA
BOLSA 400g	10	20
GRANEL SECO (kg)	2	4
HONGO PURO (g)	50	100

En cuanto a la forma y equipo de aplicación, hay que decidir tomando en consideración a la ubicación del insecto y su población, el nivel de daño, el tipo de formulación, la biomasa del cultivo, las condiciones climatológicas y la disponibilidad de recursos y equipos.

La clave del éxito de una aplicación, además utilizar hongos de alta patogenicidad y pureza, radica en hacer llegar la mayor cantidad de esporas, lo más cerca del insecto, en el mínimo de tiempo. El abanico de opciones se muestra en el cuadro 5.

CUADRO 5  
OPCIONES DE APLICACIÓN DE *M. anisopliae*, SEGÚN CONDICIONES DEL CULTIVO Y PRESENCIA DE LA PLAGA

EQUIPO DE APLICACIÓN	FORMULACIÓN	OBJETIVO	POBLACIÓN	BIOMASA
AÉREO*	GRANEL	NINFAS	NULA	CERRADO
MANUAL AL VOLEO	BOLSA O GRANEL SECO	NINFAS	LEVE	ABIERTO
BOMBA DE ESPALDA O MOTORIZADA	BOLSA, GRANEL O PURO	NINFAS (BASE TALLOS) Y ADULTOS (FOLLAJE)	LEVE O MODERADA	ABIERTO O SEMICERRADO
CAÑÓN	BOLSA, GRANEL O PURO	PREFERIBLEMENTE ADULTOS	LEVE, MODERADA	ABIERTO, SEMICERRADO O CERRADO (BORDES)
AÉREO	BOLSA, GRANEL O PURO	ADULTOS	MODERADA	CERRADO

\* SE ESTÁ INVESTIGANDO ACTUALMENTE ACERCA DEL EFECTO DE LAS APLICACIONES AÉREAS GRANULADAS DE HONGO (EN ARROZ), EN LOTES EN PIÉ, LISTOS PARA SER COSECHADOS

## D. EVALUACIÓN DEL PARASITISMO

La información del efecto (control) de la liberación del hongo es de suma importancia para el Programa, ya que de esta forma se conoce del impacto del patógeno y por tanto, la necesidad de sustituirlo o de mantenerlo activo en el cepario; además, los insectos parasitados que se recolectan durante esta tarea, sirven como inóculo inicial para mantener activo y patogénico el CEPARIO o BANCO DE CEPAS.

### 2.1. APLICACIÓN DE INSECTICIDAS SINTÉTICOS

DIECA recomienda su utilización únicamente cuando el impacto de las anteriores herramientas dentro del MIP, por una u otra razón, no han rendido los frutos esperados, por lo que la plaga se mantiene en niveles que atentan contra la productividad del cultivo. Muchas veces es recomendable su uso cuando las condiciones climatológicas son desfavorables a la aplicación del hongo, por ejemplo, bajos niveles de humedad ambiental y

en el suelo. Su escogencia debe de hacerse siempre buscando el menor impacto sobre organismos benéficos y sobre el ambiente y la salud en general.

## LITERATURA CITADA

1. BUSTAMANTE, E. 1999. Control Biológico de Plagas en Plantas. *in*: Manual Teórico Práctico de Control de Plagas Agrícolas y Forestales con Agentes Microbiológicos. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
2. DIECA. 2000. Informe Anual de Labores. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica.
3. DIECA. 2004. Informe Anual de Labores. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica.
4. RODRIGUEZ, A. 2000. Fundamentos para la Producción y Uso de Hongos Entomopatógenos en el Control de Plagas de la Caña de Azúcar. En prensa. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA. Alajuela, Costa Rica. 52 p.
5. THOMPSON, V., LEÓN, R. 2006. Identificación y Distribución de los Salivazos de la Caña de Azúcar y los Pastos (Homóptera: Cercopidae) en Costa Rica. En Prensa. San José, Costa Rica.

# EL MONITOREO DE HUEVOS DIAPAUSICOS DEL SALIVAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR, *AENEOLAMIA* SPP , UNA HERRAMIENTA EFICAZ Y ECONÓMICA PARA LA PREVENSIÓN DE ALTAS INFESTACIONES

Daniel Alfaro Solís

Alejandro Rodríguez Morales, Carlos E. Sáenz Acosta

Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar

e-mail: dalfaro@laica.co.cr, arodriguez@laica.co.cr, csaenz@laica.co.cr

## RESUMEN

El Salivazo en el cultivo de la caña de azúcar, es una de las plagas más importantes, dada su amplia distribución y los daños que provoca, los cuales pueden ser muy cuantiosos. El Manejo Integrado del Salivazo es un sistema que tradicionalmente involucra estrategias de monitoreo, de prevención y de curación, principalmente dirigidas hacia los estadios ninfales y hacia el adulto. Por esta razón, este documento hace énfasis en la importancia de la implementación del Monitoreo de Huevos Diapáusicos del Salivazo y en las ventajas que de esta práctica se pueden obtener, en cuanto a la eliminación de importantes focos de la plaga, aún cuando esta no ha emergido. Esta conclusión fue obtenida tomando en consideración los resultados de las investigaciones realizadas durante los años 2002 y 2004.

## INTRODUCCION

Los insectos de la familia Cercopidae tienen algunos géneros de importancia agrícola en las Gramíneas como la caña de azúcar. Los géneros *Aeneolamia* y *Prosapia* están reportados como los más perjudiciales y se les conoce comúnmente como "Salivazo" o "Baba de Culebra" responsable de cuantiosas pérdidas en las plantaciones de caña de azúcar en Costa Rica. Algunos estudios que han revelado la trascendencia de este insecto sobre la actividad cañera son: a) Des Vignes, 1994 quien informa pérdidas de entre el 25 y 40% de la producción agroindustrial en Trinidad; b). Flores, 1994: calcula en pérdidas de entre 3 a 6 toneladas de caña por hectárea en México, teniendo como referencia a una infestación de 10 adultos por cepa; y c). Márquez, *et al*, 2002, quienes en Guatemala determinan que la etapa fenológica más susceptible para la caña es el período final de elongación (6-8 meses de edad) y que para este material (variedad CP 72 2086), se experimenta una reducción en la elongación del tallo de 10,69cm. y una pérdida de 8,21TM/ha de caña y de 5,8kg (12,82lb) de azúcar por tonelada de

caña molida, por cada incremento poblacional del salivazo equivalente a un adulto por tallo.

Para el control de esta plaga se han desarrollado varias estrategias de Manejo Integrado, utilizando prácticas culturales y el Control Biológico entre otras recomendadas por la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), con mucho éxito a través de los años; no obstante, debido a la dinámica poblacional del insecto y sobre todo, a que constantemente se introducen cambios en los sistemas de producción de caña (variedades, sistemas de cosecha y muchos más), se hace necesario incorporar nuevas prácticas de control. De aquí surge la necesidad de desarrollar una metodología segura y económica para monitorear y cuantificar las poblaciones de huevos Diapáusicos, una vez cosechado determinado lote. Esta información es sumamente valiosa ya que, al permitir aproximar la magnitud de las primeras generaciones del insecto, proporciona suficiente tiempo para programar las tareas de control de la plaga.

Sobre el control de huevos, se ha observado en diferentes localidades del país, como el uso de la Rastra Sanitaria, es una herramienta con un alto potencial para

ser utilizada en situaciones de altas infestaciones de huevos, por lo que se espera poder incorporarla dentro del MIP Salivazo.

Este trabajo es una recopilación de datos de muestras de suelo tomadas en los Ingenios El Palmar, Taboga, El Viejo y Productores de San Carlos y procesadas en el Laboratorio de Investigación del Programa de Entomología, ubicado en la Estación Experimental de DIECA, en Santa Gertrudis Sur de Grecia, Alajuela, Costa Rica.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar el monitoreo de Huevos Diapáusicos en el campo, como una herramienta práctica para proyectar las Poblaciones del Salivazo.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la eficiencia de la rastra sanitaria para el control huevos diapausicos.
- Determinar el grado de precisión entre la densidad de huevos diapáusicos encontrados en los muestreos realizados y las poblaciones de ninfas y adultos que emergen durante la primera generación.
- Determinar el grado de aceptación del el uso de rastra sanitaria en plantaciones comerciales de caña de azúcar, por parte de los productores.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Toma de Muestra

Una vez definidas las áreas afectadas por la plaga, se procede a realizar la toma de muestra, antes o después de la cosecha utilizando en un marco de hierro de 30x30x6 de profundidad; para esto se sigue la metodología descrita por Badilla *et al*, 1999. Se toman cinco muestras por cada cinco hectáreas, aumentando en una muestra, por cada hectárea adicional.

### Laboratorio

Se procede a depositar las muestras en cajas plásticas para el secado del suelo; luego se homogeniza y se extrae una submuestra de 250 gramos, agregándole agua para someterlo a un proceso mecánico de agitación por espacio de 15 min.; posteriormente, la muestra desagregada en agua se hace pasar a través de un sistema de tres tamices de 20, 40 y 60 mesh; el suelo que es retenido por el tamiz de 60 mesh que es el que contiene los huevos, es recolectado y trasvasado a en un Embudo Separador para la extracción de los huevos por medio de flotación, en una solución salina al 30% ( SL

Lapointe *et al*, 1989). Una vez precipitado el material sobrante, se dejan salir los huevos y son recogidos en una servilleta de papel para hacer el recuento por medio del estereoscopio.

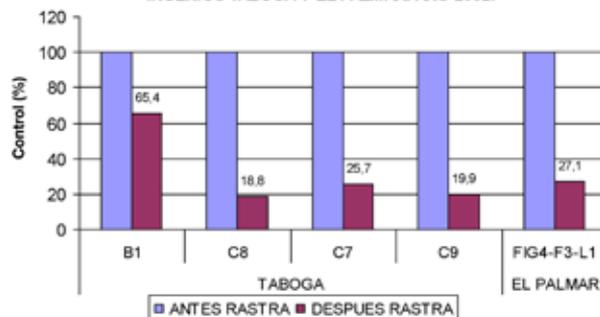
Los resultados obtenidos con los muestreos realizados en los Ingenios El Palmar, Taboga, El Viejo y Productores de San Carlos se muestran en el Cuadro 1 y 2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 1 muestra las cantidades de huevos presentes en las muestras extraídas de diferentes fincas cañeras pertenecientes a los ingenios Taboga (Cañas) y El Palmar (Puntarenas). En este caso, se encontró que en las Fincas Río Blanco y Hortigal pertenecientes al Ingenio Taboga, 21 de los lotes muestreados (71% del total), presentaron niveles importantes de huevos, es decir, superaban los 200.000 huevos/ha, según parámetro utilizado para decidir acerca del uso de la rastra sanitaria (Badilla *et al*. 1999). De los ocho muestreos realizados en Finca Chapernal del ingenio El Palmar, 4 de los lotes muestreados (50%), mostraron niveles importantes.

Asimismo, con el objeto de determinar la eficiencia (%) de control de huevos de la rastra sanitaria, se escogieron lotes de alta infestación de huevos, en este caso, los lotes B 1, C 8, C 7 y C 9, pertenecientes al ingenio Taboga. Los niveles encontrados para estos lotes antes del pase de rastra sanitaria, mostraron los siguientes niveles poblacionales promedio por hectárea, respectivamente: 3.389.789, 2.080.104, 1.578.746, 1.114.722; posteriormente, 15 días después de haberse aplicado la rastra sanitaria, los mismos habían descendido a 2.216.881, 391.131, 405.354, 221.552, correspondiendo esto al 65,4%, 18,8%, 25,7% y 19,9%, de la población inicial respectivamente (Figura 1). En el caso de el ingenio El Palmar, la prueba se aplicó únicamente sobre el lote Fig4-F3-L1, en el cual su población inicial era de 1.246.522 huevos en promedio por hectárea y quince días después del pase de la rastra, la población descendió a (19,9%); esto significa que se logró una reducción del 72,9%.

FIG. 1. POBLACIÓN DE HUEVOS DIAPÁUSICOS ENCONTRADOS ANTES Y DESPUÉS DEL PASE DE LA RASTRA SANITARIA. INGENIOS TABOGA Y EL PALMAR. AÑO 2002.



CUADRO 1  
DATOS DE MUESTREO DE HUEVOS, AÑO 2002

LOCALIDAD	FINCA	LOTE	FECHA	Nº HUEVOS
TABOGA	RIO BLANCO	B1	17/01/2002	3,389,789
		B1*	17/01/2002	1,445,287
		B1	17/01/2002	0
		B1	17/01/2002	0
		B4	17/01/2002	1,306,376
		B4	17/01/2002	1,067,787
		C9	17/01/2002	1,114,722
		B1*	14/02/2002	2,216,881
		C9*	14/02/2002	221,522
		C9*	14/02/2002	175,061
	C8	15/03/2002	2,080,104	
	C8*	22/03/2002	391,131	
	C7	18/03/2002	1,578,746	
	C7*	22/03/2002	405,354	
	C5	06/04/2002	1,725,716	
	C4	06/04/2002	1,672,380	
	HORTIGAL	D3	07/04/2002	1,010,421
		E2	07/04/2002	871,155
		E6	07/04/2002	236,278
		E6	07/04/2002	236,278
E1		07/04/2002	0	
EL PALMAR	CHAPERNA	FIG4-F3-L1	03/02/2002	1,246,522
		FIG8-F3-L1	03/02/2002	556,117
		FIG5-F3-L1	03/02/2002	402,153
		FIG4-F3-L1*	03/02/2002	338,150
		FIG6-F3-L1	03/02/2002	178,853
		FIG6-F3-L1	04/02/2002	168,72
		FIG7-F3-L1	04/02/2002	156,334
	FIG7-F3-L1	04/02/2002	197,71	

\* DESPUES DE RASTRA SANITARIA

En el Cuadro 2 detalla los muestreos realizados en el Ingenio Taboga, El Viejo y Productores de San Carlos. Los resultados de este nuevo ciclo de muestreos, evidenciaron que en el ingenio Taboga se presentaron elevados índices poblacionales de huevos Diapásicos en el 55% de los lotes evaluados. Este resultado es consistente con lo observado en el año anterior (2002), lo que caracteriza a la zona como muy problemática en cuanto a esta plaga. En la zona de influencia del Ingenio El Viejo,

las poblaciones de huevos fueron moderadas, presentándose únicamente elevadas en la Finca Las Lechuzas. Por otro lado, el caso de los Productores de San Carlos, merece un comentario aparte, ya que mostró elevados índices de huevos en el 80% de las fincas monitoreadas. Según datos obtenidos durante el Diagnóstico de Plagas y Enfermedades de la Caña de Azúcar observados durante el año 2004, en los cantones de Los Chiles y San Carlos (DIECA 2004), el salivazo es una plaga ampliamente distribuida en la región norte, lo que confirma la importancia de conocer de antemano, las poblaciones de huevos.

CUADRO 2  
Datos de Muestreo de Huevos Año 2003

	FINCA	LOTE	FECHA	Nº HUEVOS	
TABOGA	HORTIGAL	H-10	MARZO	2,177,887	
		H-9	MARZO	1,503,779	
		H-8	MARZO	1,226,728	
		H-1	MARZO	1,185,244	
		J-20	MARZO	591,191	
	SAN JUAN	J-9	MARZO	397,057	
		J-2	MARZO	334,832	
		H-2	MARZO	263,717	
		E-5	MARZO	240,012	
		ELVIEJO	LECHUZAS	--	ABRIL
SAMPOÑA	505-02			ABRIL	248,901
SAMPOÑA	505-08		ABRIL	191,618	
ESPRIELLA	--		ABRIL	0	
	--		ABRIL	0	
	TABOGA		HORTIGAL	E-4	ABRIL
H-3				ABRIL	0
H-7				ABRIL	0
HORTIGAL			I-4	ABRIL	0
			I-5	ABRIL	0
		I-6	ABRIL	0	
HORTIGAL		I-8	ABRIL	0	
		I-9	ABRIL	0	
		SAN JUAN	J-1	ABRIL	0
SAN JUAN	J-14	ABRIL	0		
SAN JUAN	J-15	ABRIL	0		
SAN JUAN	J-16	ABRIL	0		
SAN JUAN	J-17	ABRIL	0		
SAN JUAN	J-19	ABRIL	0		

CUADRO 2 (Continuación)

Datos de Muestreo de Huevos Año 2003

	FINCA	LOTE	FECHA	Nº HUEVOS
SAN CARLOS	QUESADA	QUESADA	MARZO	1,540,818
	BONILLA	COCOS	MARZO	1,511,187
	CAJETA	QUESADA	MARZO	1,355,031
	BONILLA	CASA	MARZO	1,348,216
	BONILLA	CASA 2	MARZO	1,333,400
	BONILLA	CASA 1-2	MARZO	1,331,859
	CAJETA	DIAS	MARZO	770,409
	CAJETA	QUESADA	MARZO	477,061
	BONILLA	COCOS	MARZO	177,787
	BONILLA	STA CECILIA	MARZO	0

### CONCLUSION

- Los datos obtenidos evidencian la importancia de implementar un sistema de Monitoreo de Huevos Diapásicos del Salivazo, no solo como una herramienta para pronosticar la incidencia y severidad futura de esta plaga, sino que también, para elaborar un programa de control preventivo y justificarlo en aquellos sitios prioritarios. Esta práctica, permitirá además, evaluar año con año, la eficiencia y los costos y beneficios de la aplicación del MIP Salivazo.
- La rastra sanitaria es una herramienta eficiente en el control de huevos, ya que directamente los puede afectar o porque indirectamente los expone a enemigos naturales y a condiciones climatológicas incompatibles para su supervivencia. Se han observado en algunos casos, niveles de control cercanos al 80%; esta alta eficiencia, se traduce posteriormente, en ahorros significativos en cuanto a la implementación de otras alternativas de control, dentro del MIP; de esta forma, es posible incrementar la rentabilidad del cultivo.
- La implementación del uso de la rastra sanitaria no se ha logrado incorporar totalmente como una labor permanente de manejo de la plaga, por parte de los productores y técnicos de ingenios; esto se debe principalmente a que existe la creencia de

que el uso de la rastra sanitaria puede en el corto plazo, provocar un daño importante a la cepa y por tanto, disminuir la vida útil del cañal. Por esta razón, es necesario implementar una o varias parcelas demostrativas en puntos estratégicos y realizar la investigación que permita obtener datos que refuten o confirmen dicha hipótesis. En la actualidad, la Gerencia Agrícola del ingenio Taboga, implementa esta práctica con resultados sumamente satisfactorios.

- Luego de muchos análisis realizados y contando con suficientes datos de huevos y de poblaciones generadas a partir de estos, es difícil predecir con un alto nivel de certeza, el efecto que determinado lote va a sufrir a causa del salivazo. Esto puede ser explicado por cuanto la eclosión de los huevos Diapásicos que originan el primer pico generacional, no coincide con su población total, siendo que se presenta naturalmente una terminación de la diapausa de forma gradual o programada, correspondiendo esto con una estrategia de supervivencia del insecto en su medio ambiente. No obstante, es posible predecir según los niveles de huevos encontrados, el efecto general que tendrá la plaga sobre el cultivo.

### LITERATURA CITADA

1. BADILLA, F; HIDALGO, H; SALGUERO V. 1999. Muestreo de Huevos Chinche Salivosa. *Aenolamia* spp. Revista CENGICANA (Guatemala).
2. DIECA. 2004. Diagnóstico de Plagas y Enfermedades Región Norte. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Grecia. Alajuela. 35 p.
3. DES VIGNES, W.G. 1994. Tolerance to Insecticides by *Aeneolamia* varia saccharina Dist. Homóptera-Cercopidae) in Trinidad. Towards an Integrated Pest Management Strategy. Proceedings of The West Indies Sugar Technologists XXV Conference.
4. FLORES, S. 1994. Las Plagas de la Caña de Azúcar en México. Servicios Gráficos Orel. 1ed. 350 p.
5. MÁRQUEZ, J.M.; HIDALGO, H.H.; ASENCIO, J.J. 2002. Estudio de las Pérdidas Causadas por la Chinche Salivazo (*Aeneolamia póstica*) en tres Etapas Fenológicas de la Caña de Azúcar. Guatemala. ATAGUA 2002. p: 6-10.
6. LAPOINTE, S.L, SOTELO, G; SERRANO, M.S.; ARANGO, G. 1989.. Cría Masiva de Especies de Cercópodos en Invernadero. Pasturas Tropicales 11 (3): 25-28.

# CONTROL DE PROCESOS Y CONTROL DE CALIDAD APLICADOS POR DIECA PARA FACILITAR LA PRODUCCIÓN DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

*Alejandro Rodríguez Morales*  
Programa de Entomología, Estación Experimental  
DIECA, Grecia. E-mail: arodriguez@laica.co.cr

## 1 JUSTIFICACIÓN

De forma general la Calidad se define como “*el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que lo hacen apto para satisfacer las necesidades a las cuales va dirigido*” (Fernández-Larrea, 2001).

El sistema de producción de controladores biológicos, en este caso de los Hongos Entomopatógenos, así como cualquier tipo o agente de control de plagas, incide de manera directa en sus características y en su potencial intrínseco de control (Lecuona, 1996; Velásquez, 2002). Esto implica que dependiendo de la técnica y las condiciones en que estos organismos son reproducidos, parámetros como la sanidad y pureza del pie de cría (parásitos, parasitoides y depredadores) o, en el caso de los hongos entomopatógenos, su especificidad, virulencia y agresividad, que son determinantes para promover el más elevado índice de control de la plaga para la cual fueron liberados en el campo, se verán modificados positiva o negativamente (Fernández-Larrea, 2001). Es por esta razón que debe de implementarse no solo un sistema de Control de calidad eficiente para evaluar al Producto Final, sino que también, un sistema de Control de Calidad para el Proceso.

El conocimiento de la relación entre el sistema de producción y la capacidad de control de cada organismo, la evaluación sistemática de cada proceso individual y el registro de los parámetros de calidad propios del material reproducido en cada uno de ellos, permite finalmente, la identificación de manera exacta y precisa, de cualquier deficiencia dentro del proceso y que pudiese estar afectando el potencial de control de cada Biocontrolador.

Cumpliendo con lo especificado en este Protocolo, será prevenible en un altísimo porcentaje, la liberación

de Biocontroladores que no sean aptos para ejercer su máximo potencial de control. Se contempla también en este protocolo, la conservación de “*contramuestras*” o muestras originales representativas de todos los lotes de producción, por un espacio de tiempo prudencial, mediante lo cual de ser necesario, se podría tener una excelente base para discutir acerca de posibles reclamos o discrepancias en cuanto a la calidad de los productos liberados en campo.

## 2 OBJETIVO

El objetivo principal de este protocolo es el de describir los diferentes procedimientos que son necesarios para lograr evaluar de forma exacta y precisa, la calidad de los hongos entomopatógenos que se reproducen en DIECA y con esto, asegurar que los índices de calidad sean lo más altos posibles, en concordancia con la misión y visión de LAICA.

## 3 UNIDAD REPRODUCTORA DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

### 3.1 PROCEDIMIENTOS

Los procedimientos detallados en este protocolo, pueden ser clasificados según su objetivo como sigue: conservación de cepas (Cepario), análisis y trasabilidad del material en desarrollo, análisis y trasabilidad de material en almacén, evaluación y mantenimiento de asepsia y evaluación de la calidad del producto final (concentración, viabilidad, pureza microbiológica, virulencia y agresividad).

### 3.1.1 CONSERVACIÓN DE CEPAS

Esta actividad es sumamente importante ya que permite por determinado espacio de tiempo, conservar aislamientos y cepas comerciales, a partir de las cuales se inicia todo el proceso productivo o, de donde se toma material para realizar los diferentes bioensayos y pruebas de patogenicidad. Actualmente se implementan los siguientes procedimientos descritos de menor a mayor efectividad en cuanto al tiempo de viabilidad que le concede a cada muestra:

- MEDIO PDA: Consiste en conservar las colonias aisladas de los hongos en Placas Petri bajo una temperatura de 5-8 °C (refrigerador). La placa se sella con papel parafinado y posteriormente se forra con papel aluminio o papel "Kraft". Utilizando esta técnica es posible mantener los aislamientos por un espacio máximo de 3 meses. Una variación puede ser el uso de tubos de ensayo (Fig. 1).



Fig. 1. Conservación de aislamientos en Placas Petri y tubos de ensayo (medio PDA).

- INSECTOS: Los insectos parasitados y momificados por los hongos, son puestos a secar por espacio de 1-2 días dentro de una cámara de secado con Sílica Gel. Posteriormente, son colocados dentro de Placas Petri o viales, estos últimos conteniendo Sílica Gel como secante adicional. Mediante esta técnica el hongo logra preservarse por más de 6 meses sin ningún cambio (Fig. 2).

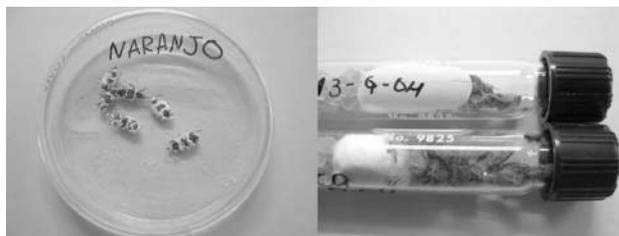
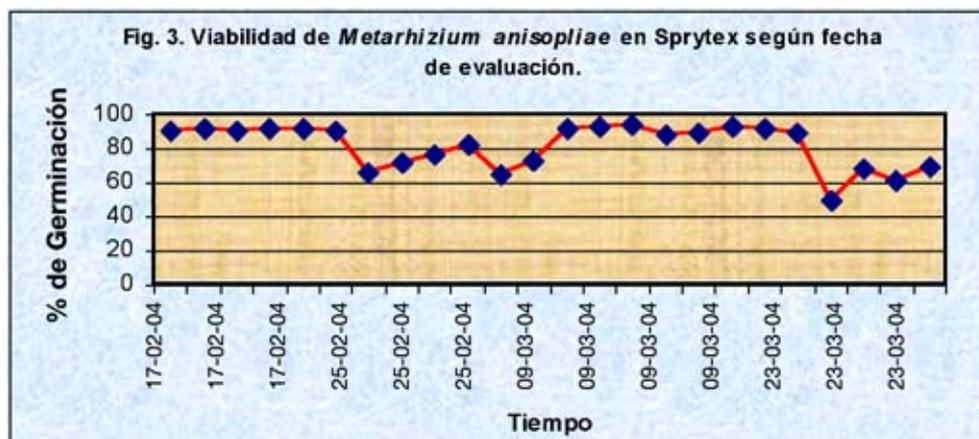


Fig. 2. Conservación de aislamientos sobre el cuerpo del insecto, con y sin Sílica Gel.

- ACEITES PARAFÍNICOS Y ACEITE HIDROGENADO DE CANOLA

Los aceites en general han mostrado ser agentes fungistáticos, es decir, sustancias que inducen a los conidios a una especie de latencia. Algunos estudios realizados han determinado que mediante esta técnica es posible conservar aislamientos incluso por años. Para el caso de los aceites parafínicos, se ha logrado demostrar una moderada estabilidad con productos comerciales como SPRAYTEX y AGROL, en mezcla con conidios del hongo *Metarhizium anisopliae* y bajo temperatura ambiente; sin embargo, la medición de la viabilidad se muestra muy variable, lo cual se debe lo inestable de su emulsión con el agente utilizado NP7, a la concentración utilizada (Alvarado, 2004) (Fig. 3.).



Por otro lado los conidios tanto de *M. anisopliae* como de *B. bassiana* y otros hongos, puede ser estabilizado mediante su “Peletización” con aceites hidrogenados, tal es el caso de aceite de Canola (Hidalgo, 2006). Inicialmente del hongo se mezcla con el aceite a una temperatura de  $35 \pm 1$  °C, lo que le permite al aceite mantenerse en su forma líquida; posteriormente, utilizando una pipeta de Pasteur, se gotea la suspensión dentro de un tubo de ensayo que contiene etanol de 70°, enfriado mediante hielo y agua. Bajo esa temperatura, el aceite se solidifica al entrar en contacto con el alcohol formando pequeños “Pellets”. Su almacenamiento y conservación se realiza dentro de tubos o Platos Petri a una temperatura de  $4 \pm 2$  °C.(Fig. 4).

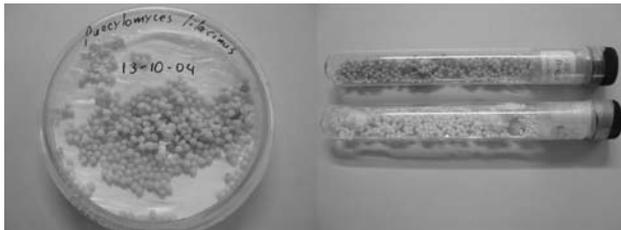


Fig. 4. Conservación de aislamientos en Pellets con aceite hidrogenado de Canola.

Igualmente importante, es conocer detalladamente con cuáles aislamientos se cuenta y cuál es su estado y cantidad; para tal efecto, se registra y actualiza constantemente el cepario anotando los datos en la ficha denominada “CEPARIO”.

### 3.1.1 ANÁLISIS Y TRASABILIDAD DE MATERIAL EN DESARROLLO

La apariencia y calidad del material que ha sido inoculado dentro de Placas Petri, Matrices sólidas o líquidas, así como del material dentro de bolsas de polipropileno y bandejas de secado, es diariamente analizada de forma cualitativa y en algunos casos, de forma cuantitativa. Las características que se consideran en este proceso son: **a) Sustratos Sólidos:** cobertura del sustrato y el tiempo requerido para ello (vigor), color y presencia de áreas con otros tipos de crecimiento y que muestran una coloración atípica; **b) Sustratos Líquidos:** color, olor, viscosidad y presencia de otros microorganismos saprófitos, como levaduras, bacterias y otros hongos. Cuando se detecta cualquier sintomatología que no está acorde con los parámetros utilizados, se desecha el material en cuestión y de ser necesario, también el material que le dio origen. Esta tarea es posible gracias a que cada lote de placas, matrices o bolsas, es etiquetado con la información necesaria para tal propósito.

- **PLACAS PETRI:** Como se indicó anteriormente, el material dentro de Placas Petri y que conforma la etapa anterior a lo que es propiamente el uso de arroz como sustrato (matrices y bolsas de polipropileno), es evaluado rutinariamente buscando características no deseables (punto a). El material seleccionado para continuar la reproducción es registrado en una ficha para tal fin.
- **MATRICES:** De igual forma para el caso de las matrices sólidas, se utiliza la ficha Control de Matrices mediante la cual, se evalúa cualitativamente un número determinado de muestra de cada lote, mediante la observación de las características mencionadas (punto a). Finalmente de manera porcentual, se determina la eficiencia de cada lote y de ser necesario, el mismo puede ser descartado. Para las matrices líquidas se registran características como olor, color, viscosidad y presencia de blastosporas del hongo, así como de otros microorganismos contaminantes. Actualmente la concentración de blastosporas no determina la calidad de la suspensión, aunque sí su dilución, y por tanto, el número de bolsas de polipropileno con arroz (400g) que se pueden inocular a partir de ella. El registro de estos parámetros se lleva a cabo utilizando la ficha Control de Matriz Líquida. Asimismo, cada matriz es rotulada con la información necesaria utilizando la Etiqueta para Matriz, esto con el objeto de poder identificar su origen y otras características importantes.
- **BOLSAS EN ESTANTES:** Este proceso que consta de dos etapas, la germinación y la esporulación, demora alrededor de 15 días. Durante ese período los diferentes lotes son examinados cualitativamente; cuando se determina que los mismos no manifiestan la características mínimas de calidad (sustrato colonizado, coloración, olor y concentración aparente), muestras representativas extraídas de ellos, son analizadas utilizando microscopía; asimismo, con la ayuda de la ficha de registro denominada Avance de Lotes en Estantería y que funciona como un control adicional, se puede incluso tomar la decisión de descartar el lote de matrices que le dio origen.. Es importante también señalar que cada estante es rotulado con la información necesaria para poder determinar su procedencia y edad, para ello se utiliza la Etiqueta para Estantería.
- **BANDEJAS DE SECADO:** Este material es rutinariamente revisado en busca de cualquier tipo de contaminación o problema que pudiese estar afectando la concentración, viabilidad y pureza del material; esta labor también es importante para evitar contaminar o otros lotes que se encuentran aún con altos niveles de humedad. Cada lote de bandejas es identificado utilizando la Etiqueta para Bandejas, de

tal forma que al igual que en los casos anteriores, si se observa alguna anomalía en el material, es posible descartar a la línea que le ha dado origen.

- **HONGO PURO:** Se utilizan dos diferentes técnicas para la extracción del hongo puro, el zarandeo del sustrato (arroz) seco con hongo y la extracción al vacío, siendo que cada una de ellas puede afectar tanto la concentración como la viabilidad del material, razón por la cual es importante someterlo a una serie de análisis que se comentarán posteriormente en el capítulo de ANÁLISIS Y TRASABILIDAD DEL MATERIAL EN ALMACENAJE.

### 3.1.1 ANÁLISIS Y TRASABILIDAD DE HONGO EN ALMACENAJE

Una de las actividades que deben ser implementadas en una proporción tal que diagnostique de manera exacta la calidad con la que se está produciendo hongos entomopatógenos, es el control de calidad post producción, es decir, al momento de finalizar el proceso productivo de cada lote en particular. En ese sentido, muestras representativas de cada lote de producción, deben ser examinadas al momento de ser almacenadas y antes de ser liberadas. Las características del material y su procesamiento, se muestra en el cuadro 1.

- **VIABILIDAD:** Este análisis debe comprobar y cuantificar el porcentaje de conidios que logran germinar en el transcurso de 18 horas a  $25 \pm 1$  °C, sobre medio de cultivo PDA o AGAR-AGUA. Para tal propósito se toma una muestra representativa del lote a evaluar, se diluye y se inocula en Placas Petri. Posteriormente, luego del período de incubación, con la ayuda de un contador o “María”, se cuentan los conidios que germinaron y este valor se divide entre el total de conidios observados (mínimo 100); este dato se

multiplica por 100, obteniendo así el valor de Germinación o Viabilidad. La figura 5 muestra el proceso de medición.



Fig. 5. Cuantificación de la viabilidad de una muestra de hongos entomopatógenos

- **CONCENTRACIÓN:** Este parámetro determina el número de conidios totales presentes en una cantidad determinada de material. Para ello, se toma una muestra la cual es diluida y posteriormente “montada” en una cámara de Neu Bauer o Hemocitómetro. El número total de conidios observado como mínimo en 40 cuadrantes ( $0.1 \text{ mm} \times 0.0025 \text{ mm}^2$ ), es posteriormente calculada para el volumen total, al cual se le adicionó determinada cantidad de muestra (g).

De esta a forma se calcula la cantidad de conidios por gramo o mililitro, según sea la formulación que se analiza. La figura 6 muestra el Hemocitómetro y el detalle de la distribución de sus cuadrantes, observado a 40X de poder, en un microscopio de contraste de fases.

- **PUREZA MICROBIOLÓGICA:** Consiste en determinar de manera porcentual, la proporción de propágulos del hongo que se está reproduciendo, en relación a la presencia de otros microorganismos contaminantes. Para tal fin, se realiza una siembra de una

CUADRO 1  
TOMA DE LA MUESTRA Y SU PROCESAMIENTO DE ACUERDO EL TIPO DE FORMULACIÓN A EVALUAR

FORMULACIÓN	MUESTRA	PESO TOTAL MUESTRA (g)	PESO DE SUBMUEST.(g)	VOLUMEN DE SUSPENSIÓN MADRE (ml)	DILUCIÓN
BOLSAS 400g	50g POR BOLSA DE UN MÍNIMO DE 10 BOLSAS POR CADA LOTE DE 500 BOLSAS	500	10,00	1000	1 X 10 <sup>-3</sup>
GRANEL (Kg)	50g GRAMOS POR BOLSA DE UN MÍNIMO DE 5 BOLSAS POR CADA LOTE DE 250 Kg	250	5,00	1000	1 X 10 <sup>-3</sup>
PURO (500g)	25g POR BOLSA DE UN MÍNIMO DE 4 BOLSAS POR CADA LOTE DE 10 Kg	100	1,000	1000	1 X 10 <sup>-3</sup>

suspensión diluida de la muestra de conidios ( $1 \times 10^{-4}$ ) utilizando medio PDA; esta muestra se incuba durante 3-4 días a  $25 \pm 1$  °C; al término de ese período, se cuentan al estereoscopio el total de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) del hongo que se reproduce y de otros microorganismos. La figura 7 detalla una muestra para evaluación de pureza microbiológica.

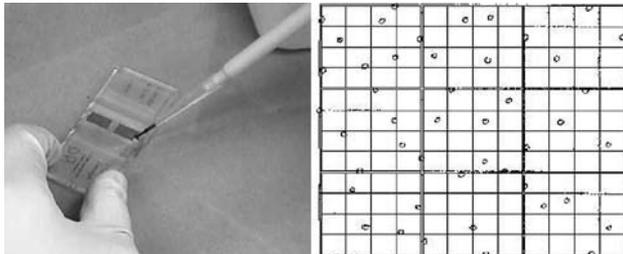


Fig. 6. Cámara de Neu Bauer y distribución de cuadrantes de 0,00025 mm<sup>3</sup>.



Fig. 7. Muestra para lectura de pureza microbiológica

Todas las muestras utilizadas en estas pruebas serán guardadas como contramuestra, esto con el objeto de mantener un respaldo adicional ante cualquier eventualidad o reclamo. Por otro lado, todo el material a almacenar será guardado en bolsas plásticas dentro de cuartos fríos a una temperatura de  $3 \pm 2$  °C. Estas bolsas serán etiquetadas con la información que caracterice al material. Este "stock" debe de actualizarse conforme entra o sale material, no solo para saber con cuánto material se dispone, sino para evitar mantener en almacenamiento material por más tiempo del debido. El detalle del procedimiento de estas pruebas, puede consultarse en Batista-Alves, 1992; CENICAFE, 1997.

### 3.1.1 PRUEBAS DE PATOGENICIDAD

Al inicio de cada ciclo reproductivo es necesario determinar potencial de control de los aislamientos que se reproducen comercialmente. Esta actividad es sumamente importante pero a la vez, en ocasiones, difícil de realizar por cuanto puede no haber coincidencia entre la disponibilidad de insectos "meta" y la fecha en la que se programó esta actividad. Es bajo esta situación, donde una cría masiva podría ser muy beneficiosa. DIECA realiza en estos momentos, las primeras actividades para establecer una cría del Salivazo, siguiendo los lineamientos descritos por Sotelo, *et al*, 1989; esta cría actualmente se implementa en el Centro de Investigaciones en Agricultura Tropical (CIAT), en Cali, Colombia (Cardona y Sotelo, 2000).

En los primeros bioensayos de selección, se considera que un aislamiento es altamente patógeno, cuando en este caso, al término de un tiempo prudencial después de la inoculación del hongo, un porcentaje igual o superior al 80% de los insectos inoculados con una suspensión de  $1 \times 10^7$  conidios/ml, muere. El período de tiempo varía desde algunos días, hasta 15 o más, según la especie del insecto, el sistema de acondicionamiento y la agresividad de la cepa. Para el caso de insectos homópteros que dañan el follaje como el Salivazo, la Cigarrita (*Saccharosydne saccharivora*), la Chicharra (*Proarna invaria*), la Chinche de Encaje (*Leptodyctia tabida*), así como algunos defoliadores como el Falso Medidor (*Mocis latipes*) y el Cogollero o Gusa no Soldado (*Spodoptera frugiperda*), se pueden utilizar jaulas para acondicionarlos mientras transcurre la prueba (Fig. 8).



Fig. 8. Detalle de una jaula utilizada bioensayos de patogenicidad.

La patogenicidad que se define como la Capacidad para infectar, puede ser analizada de una manera más detallada mediante la cuantificación de la Virulencia y la Agresividad. La primera mide de manera porcentual, la población máxima del insecto que muere por el efecto del hongo inoculado, luego de un tiempo prudencial; la segunda mide el Tiempo o Ritmo de Mortalidad, o por llamarlo de otra manera, mide la velocidad de mortalidad de la población evaluada. Para que la patogenicidad sea alta, ambas, virulencia y agresividad, deben de ser también altas; esto significa que los aislamientos a reproducir deben de matar un máximo de insectos, en un mínimo de tiempo. Las figura 9 y 10 muestran en detalle la virulencia y la agresividad de aislamientos del hongo *Beauveria bassiana*, sobre el picudo *Metamasius hemipterus*, respectivamente. (COL:CURCULIONIDAE) y la figura 11, la agresividad de los mismos aislamientos. Los resultados que forman parte de las investigaciones realizadas por Rodríguez, 2004), para la selección de aislamientos para el control de este insecto en el cultivo del Palmito en la región Atlántica del país, muestran claramente que los aislamientos D 0295 y NARANJO (D 0101), fueron bajo esas condiciones, los más patogénicos

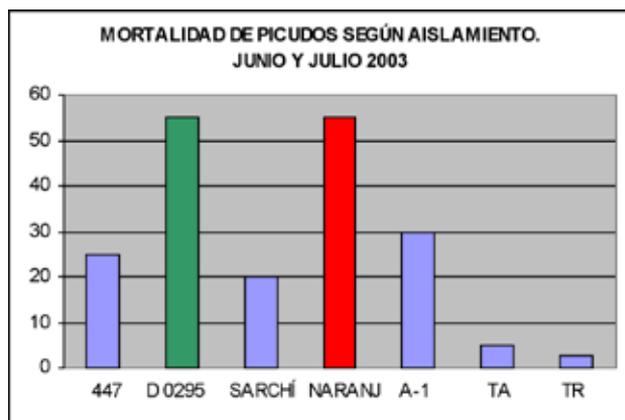


Fig. 9. Virulencia de varios aislamientos de hongos entomopatógenos sobre *Metamasius hemipterus*

Es importante validar los resultados de los bioensayos de laboratorio a nivel de campo, ya que las condiciones presentes en ahí, afectan casi siempre la expresión del máximo potencial de control de los hongos. Esta tarea será ejecutada por el personal de campo en los sitios y las veces que sea necesario para corroborar la eficiencia en la que el patógeno esta controlando la población del insecto meta.

### 3.2 MANTENIMIENTO DE ASEPSIA EN INFRAESTRUCTURA Y EQUIPO

Anteriormente, se ha explicado con detenimiento que actividades deben de implementarse con el objeto

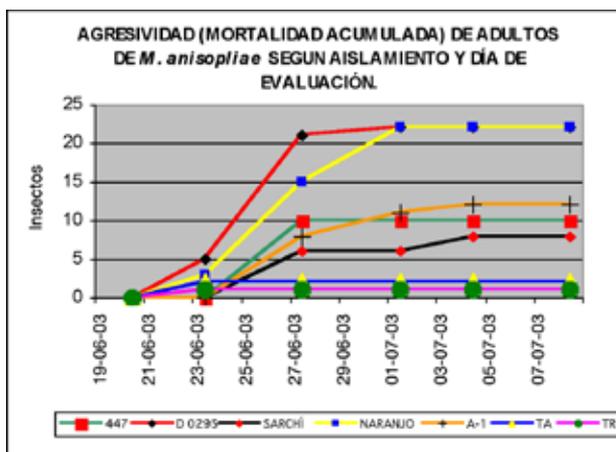


Fig. 10. Agresividad de varios aislamientos de hongos entomopatógenos sobre *Metamasius hemipterus*

de lograr reproducir hongos entomopatógenos de la mayor calidad posible, sin embargo, aspectos como el tipo de infraestructura y los acabados, el tránsito de material y de personas, así como la limpieza y desinfección, son esenciales para evitar que propágulos organismos contaminantes, se propaguen y afecten el material que se encuentra dentro del laboratorio.

Conscientes de esta se describe a continuación, una serie de procedimientos que facilitan el mantenimiento de la asepsia y que minimizan el riesgo de introducir agentes contaminantes.

- **INTRODUCCIÓN DE INÓCULO:** El proceso productivo requiere la introducción frecuente y constante a la biofábrica, de diferentes sustratos colonizados por los hongos que se planea reproducir, tal es el caso de colonias en PDA y matrices con medios sólidos (arroz) o líquidos. Este material ha debido ser examinado previamente siguiendo el protocolo descrito en el punto 3.1.2., por lo que la probabilidad de que se incorpore algún contaminante es muy baja.
- **ASEO PERSONAL:** Se deben utilizar gabachas blancas y limpias (se les nota más fácilmente la suciedad), desinfectante para zapatos (formalina al 2%), mascarillas y guantes desechables. Para las personas que realicen actividades dentro de cámaras de flujo laminar, se solicita además, calzado para esta sala, el uso de guantes de látex y de cubre cabellera. Está prohibida la introducción a la biofábrica de alimentos que pudiesen ser portadores o generadores de contaminantes. Se exige al personal, mantener el aseo y el orden dentro y fuera de las instalaciones, así como limitar al máximo la apertura de puertas y de ventanas. Para asegurar esta actividad, han sido colocados brazos mecánicos para el cierre automático de las puertas.

- PROGRAMACIÓN Y TRANSITO: En cuanto a la programación y tránsito de personal, se programan las tareas iniciando en áreas con menor incidencia de propágulos (salas de germinación) y finalizando donde hay más (salas de esporulación; secado y empaque). Está totalmente prohibido que una misma persona se traslade entre esas mismas áreas y entre salas con diferentes géneros de hongos. Se ha restringido el tránsito desde y hacia las salas de inoculación y de incubación de matrices, permitiendo el acceso única y exclusivamente a las personas que deben de realizar alguna actividad ahí.
- DETECCIÓN Y MANEJO DE SUSTRATO: Antes de proceder a preparar el sustrato para el lote de producción del día, se asegura que el bulto o saco no se observe manchado, húmedo o que el arroz se presente "apelotado" o con signos de algún tipo de contaminante; de ser así, el bulto es sellado y descartado debidamente. Asimismo, diariamente se revisan los lotes de los diferentes tipos de material que se encuentran en desarrollo; cuando se encuentra algún material con alguna sintomatología diferente a la que debe tener (según parámetros establecidos), se toma una muestra y se analiza al microscopio. De detectarse algún tipo de contaminante, el material es descartado inmediatamente.
- DESINFECCIÓN DE EQUIPO MENOR Y CRISTALERÍA: Todo el equipo menor se revisa y desinfecta diariamente, para ello se utiliza etanol al 70%; la cristalería es enjuagada y lavada con agua y jabón detergente, posteriormente se deposita en agua con detergente e Hipoclorito de Sodio (cloro al 3,5%) por un período de dos a tres días, finalmente se enjuaga y se esteriliza a 121 °C por un período 30 minutos.
- DESINFECCIÓN DE EQUIPO MAYOR: los estantes y el equipo mayor, es desinfectado con etanol al 70% antes de ser utilizados; las bandejas se lavan con detergente y se desinfectan con Hipoclorito de Sodio al 3,5%; las cámaras de flujo laminar son desinfectadas primero con Hipoclorito de Sodio (3,5%) y posteriormente con etanol al 70%. Adicionalmente, se comprueba rutinariamente el estado de los pre-filtros y "EPAfiltros"; aquí es importante también realizar un "plaqueo" (exposición de PDA en platos petri por espacio de 5 minutos). Más recientemente, se ha introducido el uso de platos RODAC con medio PDA para evaluar la asepsia en todo tipo de superficies. Debido a la necesidad de mantener un ambiente temperado a 25-28°C, es necesario el uso de aires acondicionados; estos equipos por sus características, representan importantes reservorios de contaminación, por lo cual, deben de ser rutinariamente lavados. DIECA recomienda realizar esta labor, como mínimo cada 3 meses.
- ESTERILIZACIÓN DE SUSTRATOS Y DE MEDIOS DE CULTIVO: El sustrato se esteriliza utilizando 121 °C por espacio de 30 minutos; los medios de cultivo se esterilizan por espacio de 15min. La calidad de la esterilización se evalúa colocando cinta termosen-sible para 120 °C y además, algunas bolsas no son inoculadas con el objeto de observar si se desarrolla a corto plazo, algún tipo de organismo, lo cual indicaría algún fallo en la eficiencia de las autoclaves.
- DESINFECCIÓN DE SALAS Y PASILLOS: Rutinariamente los espacios internos de la Unidad son barridos, limpiados con agua y posteriormente, desinfectados con algún producto comercial desinfectante de amplio espectro de acción. Cuando ha sido detectado un foco de contaminación, la sala es evacuada, lavada con detergente, limpiada con Hipoclorito de Sodio y finalmente fumigada con formalina a la concentración a la que se obtiene el producto comercial. Hecho esto, la sala es clausurada por un período mínimo de 3 días. Por otro lado, han sido instaladas en ciertas áreas escogidas estratégicamente, lámparas germicidas (luz U.V.), las cuales se utilizan de manera frecuente.
- VISITANTES A LOS LABORATORIOS: Está prohibida la entrada de personas ajenas a la Unidad, para ello se han colocado en las puertas de acceso la rotulación respectiva y además, le ha sido solicitado al personal, su colaboración para que esto no suceda. En cuanto a la atención de grupos de visitantes cuando esto ha sido autorizado, los mismos deben seguir las normas establecidas: desinfección de zapatos, no entrar con alimentos o bebidas y no introducirse a las diferentes salas.

#### 4 LITERATURA CITADA

1. ALVARADO, E. 2004. Estabilización del Hongo Entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* utilizando Aceites Agrícolas del tipo Parafínico. Práctica Profesional Dirigida, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 35 p.
2. BATISTA-ALVES, S., 1992. Controle Microbiano de Insetos. Ed. Manole, Brasil. 375 p.
3. CARDONA, C.; SOTELO, G. 2000. Desarrollo y Validación de Metodologías para la Infestación Controladas de Salivazo en Híbridos de *Brachiaria*. In: Circular Gramíneas y Leguminosas Tropicales... Proyecto IP-5. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Año 3, Número 1, Marzo 2000.
4. CENICAFE, 1997. Técnicas para el Control de Calidad de Formulaciones de Hongos Entomopatógenos. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Chinchiná de Caldas, Colombia. 37 p.
5. FERNÁNDEZ-LARREA., O. 2001. Temas Interesantes acerca del Control Microbiológico de Plagas. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba. 138 p.

6. HIDALGO, E. 2006. Desarrollo de Micoinsecticidas para el Manejo Integrado de la Mosca Blanca en Cultivos Frutales y Hortícolas en Zonas Neotropicales. *In: Taller Desarrollo de Micoinsecticidas para Mosca Blanca*. CATIE-CORPOICA. Turrialba, Costa Rica.
7. LECUONA, R. E., 1996. "Microorganismos Patógenos Empleados en el Control Microbiano de Insectos Plaga. Talleres Gráficos Mariano, Buenos Aires, Argentina. 338 p.
8. RODRIGUEZ, A. 2000. Fundamentos para la Producción y Uso de Hongos Entomopatógenos en el Control de Plagas de la Caña de Azúcar. En prensa. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA. Alajuela, Costa Rica. 52 p.
9. RODRIGUEZ, A. 2004. Evaluación de la Patogenicidad del Hongo Entomopatógeno *Beauveria bassiana* (VUILL), sobre el Picudo *Metamasius hemipterus* (COL: CURCULIONIDAE), en el Cultivo del Palmito, *Bactris gasipaes* K.". In memoria de Seminario de Fitosanidad del Palmito. Cámara Nacional de Productores de Palmito (CANAPPA). Pococí, Limón.
10. SOTELO, G.; ARANGO, G.; LAPOINTE, S.L. 1989. Técnicas para el establecimiento de una colonia de salivazo de los pastos Zulia colombiana Lall. (Homoptera:Cercopidae) a nivel de laboratorio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 19 p.
11. VELÁSQUEZ, E. 2002. Producción Industrial de Hongos Entomopatógenos. In: Curso Internacional Teórico-Práctico sobre Entomopatógenos, Parasitoides y otros Enemigos de la Broa del Café. Sección I. Centro Nacional de Investigaciones del Café. Chinchiná de Caldas, Colombia. 217 p.

# EVALUACIÓN DE LA PATOGENICIDAD DEL HONGO ENTOMOPATÓGENO *BEAUVERIA BASSIANA* (VUILL), SOBRE EL PICUDO, *METAMASIVUS HEMIPTERUS* (COL: CURCULIONIDAE), EN EL CULTIVO DEL PALMITO, *BACTRIS GASIPAES* K. <sup>A\*</sup>

Alejandro Rodríguez Morales, Carlos E. Sáenz Acosta, Daniel Alfaro Solís  
Programa de Entomología, Estación Experimental  
DIECA, Grecia, Alajuela, Costa Rica. E-mail: diecana@laica.co.cr

## RESUMEN

Se procedió inicialmente recolectar insectos provenientes de las localidades más afectadas. Los mismos fueron sometidos bajo condiciones de laboratorio, al efecto de cinco diferentes aislamientos del hongo: Bb 447, A-1, D 0295, SARCHÍ y NARANJO. Se utilizó para tal efecto, el producto comercial BEAUVEDIECA en su formulación "Granel Seco". La inoculación de los especímenes se realizó mediante su inmersión (10 min.), en una suspensión de conidios ( $1,0 \times 10^7$ /ml). El análisis de la varianza aplicado, permitió encontrar diferencias altamente significativas entre los tratamientos (PrF=0.0003). Se determinó además mediante la separación de medias, que los aislamientos NARANJO y D 0295, lograron los índices de parasitismo más elevados (55.0%), siendo esto significativamente diferente al resto de tratamientos (PrF<=0.05). Con base a este resultado, estos aislamientos fueron seleccionados para la siguiente prueba la cual buscó mediante la simulación de trampas tipo "Bambú", evaluar la mortalidad en laboratorio de adultos de *M. hemipterus*, sometidos a tres niveles de aplicación: 2,50, 5,0 y 7,50  $\times 10^{12}$  conidios/ha., correspondiendo esto a la aplicación de tres dosis de 4,17, 8,33 y 1,25  $\times 10^{11}$  conidios/repeticón (recipiente), por aplicación. Aquí se consideró el fraccionamiento y la distribución del material en 20 trampas/ha. Al analizar los datos mediante la misma prueba, se determinaron diferencias estadísticas únicamente entre las dosis utilizadas (PrF=0,0441), no así entre los tratamientos (PrF=0,4202); si se presentaron diferencias significativas entre estos y los testigos (PrF<=0,05). Utilizando el aislamiento NARANJO se observaron máximos de parasitismo: 6,75 insectos/repeticón (84,4%); este resultado unido al hecho de que produce una mayor cantidad de inóculo secundario sobre el cadáver del insecto, motivó la selección de este aislamiento para campo (dosis comercial de 1,33  $\times 10^{13}$  conidios/ha). Se utilizaron aquí tres sistemas de aplicación: dentro de trampas, aspersión y la combinación de ambos. La parcela experimental consistió de un área de 15.000 m<sup>2</sup> y parcela útil de 10.000 m<sup>2</sup>. Las variables evaluadas fueron: parasitismo sobre adultos (trampas), tallos sanos y volcados y, número de formas biológicas (tallos volcados). En cuanto al parasitismo, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos (PrF=0,0001), siendo el mejor el Combinado (PrF<=0,05). En campo esto correspondió a un máximo de 54,97%. En cuanto al daño, los resultados demostraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, tanto para los índices de tallos volcados (PrF=0,009) como para los sanos (PrF=0,0227); sin embargo, no se encontró una consistencia entre el nivel de control (parasitismo) y los índices de daño (tallos volcados) y de sanidad (tallos sanos); en otras palabras, el control ejercido de la plaga, no se vio reflejado en los niveles de daño. Para el caso de los índices de tallos sanos, se observó igualmente una inconsistencia similar a la que se hizo referencia. Probablemente el lento desarrollo y emisión de hijos cosecheros (9 a 12 meses), así como el sistema de manejo y cosecha del cultivo (búsqueda y extracción), pudieron haber influido directamente en los resultados. Se puede concluir que el hongo utilizado mostró una moderada a alta eficacia de control; no obstante, no fue posible demostrar estadísticamente, que esto haya afectado las demás variables evaluadas.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del Palmito es fuente de empleo y motor de desarrollo para una significativa población rural que habita en diferentes regiones del País. En la actualidad se tiene estimado un área de siembra nacional que sobrepasa las 8.500 hectáreas, de las cuales, aproximadamente el 90%, se ubican en las regiones Atlántica y Huetar Norte.

Por más de 25 años el cultivo del palmito ha sobrevivido a varias crisis de precios y de mercados, sin embargo hoy día, el efecto de varias plagas y enfermedades entre otros factores, coloca a la actividad en serias dificultades. Los datos preliminares ofrecidos por la Comisión Nacional Fitosanitaria del Palmito, indican que la productividad por área ha decrecido en un rango de entre el 30 y 50%.

Los problemas fitosanitarios del cultivo son principalmente enfermedades bacteriales y el ataque de insectos de la familia CURCULIONIDAE, como *Metamasius hemipterus* y *Rhynchophorus palmarum*, cuyos estadíos larvales realizan galerías dentro del tallo, provocando una acelerada pudrición del mismo y generalmente su volcamiento. En muestreos previos realizados en varias parcelas ubicadas en una de las localidades más afectadas (Horquetas de Sarapiquí, provincia de Heredia), se ha podido observar una combinación de daño de los organismos citados (bacterias e insectos), en al menos la tercera parte de los tallos destinados para cosecha. Así pues, lo alarmante del problema condiciona la necesidad de llevar a cabo los estudios pertinentes para buscar cómo resolverlo o aminorarlo. En ese sentido, el uso de los hongos entomopatógenos y específicamente de *Beauveria bassiana*, ha mostrado ser un controlador eficiente para esta plaga; tal es el caso del cultivo de la caña de azúcar en el cual, el hongo es utilizado extensiva y exitosamente como una herramienta más dentro del manejo este y otros insectos.

Además de ejercer un excelente control, la aplicación sistemática de *B. bassiana*, ha concedido otras ventajas igualmente importantes: selectividad a ciertos insectos, su inocuidad hacia el medio ambiente, la salud humana y animal y su versatilidad para ser aplicado.

## OBJETIVOS

El objetivo principal del experimento es el de Evaluar la Patogenicidad del Hongo Entomopatógeno *Beauveria bassiana*, como controlador biológico del Picudo Rayaado (*Metamasius hemipterus*), en el cultivo del palmito.

Como objetivos secundarios se plantean los siguientes:

- En diferentes localidades de la Región Atlántica: determinar cual especie dentro del complejo de picudos es la más importante para el cultivo y además, cuantificar el índice de daño la misma presenta.
- Evaluar la virulencia y agresividad de cinco diferentes aislamientos de *B. bassiana* a diferentes dosis, sobre adultos de *M. hemipterus*, en laboratorio.
- Evaluar la efectividad en campo del control de *B. bassiana* sobre adultos de *M. hemipterus*, bajo tres diferentes sistemas de incorporación del hongo.
- Evaluar el efecto de control de *M. hemipterus* sobre el daño y la sanidad del cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOLOGÍA EMPLEADA

El proceso de experimentación será conducido a través de tres etapas bien definidas: Diagnóstico Inicial de la Plaga, Evaluación de la Patogenicidad de Diferentes Aislamientos de Hongos Entomopatógenos en el laboratorio y su Validación Final en el Campo.

## DIAGNÓSTICO DE INCIDENCIA Y DAÑO

Se procedió a visitar diferentes fincas palmiteras ubicadas en los cantones de Sarapiquí, Pococí y Guácimo, durante los meses de febrero y marzo del año 2003, con el objeto de diagnosticar la incidencia y el nivel de daño provocado por el complejo de picudos en el palmito y con esta información, proceder a desarrollar el proyecto de investigación con aquella especie predominante. Para tal fin durante las visitas se procedió realizar las siguientes observaciones: Promedio del Número de Formas Biológicas del Complejo de Picudos (*Rhynchophorus palmarum* y *Metamasius hemipterus*), observado dentro de tallos afectados; Promedio de Tallos Volcados por Cepa (daño) y Promedio de Tallos Sanos por Cepa.

## EVALUACIÓN DE LA PATOGENICIDAD DE *B. BASSIANA*

Esta prueba se compone de dos partes: Selección Inicial de Aislamientos bajo una misma concentración y Prueba de Tres Dosis del (los) aislamiento (s) que hayan mostrado la más elevada patogenicidad. Inicialmente se procedió a recolectar los insectos de campo utilizando para ello la trampa tipo "Bambú" en cuyo interior, fueron colocados trozos de caña en estado de fermentación y el atrayente o Feromona tipo Agregación (marca comercial METALURE), con su aditivo de Acetato de Etilo. Para tal fin fueron colocadas 30 trampas en sitios en los que previamente se constató una alta incidencia de picudos y

su daño asociado. La disposición de las trampas fue una cada 20 metros dentro de la misma hilera de plantas, y cada fila de trampas espaciada por 10 hileras (20 metros aproximadamente).

Quincenalmente entre el 10 de junio y el 10 de julio del año 2003, los insectos fueron recolectados y transportados cuidadosamente al Laboratorio de Investigación del Programa de Entomología de DIECA, ubicado en el distrito de Santa Gertrudis Sur de Grecia, provincia de Alajuela, a 950 msnm. Los insectos recolectados fueron trasladados dentro de recipientes plásticos desinfectados y colocados dentro de hieleras.

En el laboratorio los insectos fueron introducidos a un período de cuarentena por espacio de 15 días, con el objeto de descartar el efecto de cualquier patógeno, enfermedad o condición de estrés que pudiese afectar los resultados. En cuarentena los insectos fueron colocados en grupos de 10, dentro de recipientes plásticos desinfectados y conteniendo trozos de caña y una mota de algodón esterilizado y remojado en agua destilada estéril (ADE); la temperatura fue de  $24 \pm 2$  °C. Finalmente se seleccionó para las pruebas siguientes, únicamente a aquellos insectos que presentaron la mayor actividad y vivacidad.

## SELECCIÓN DE AISLAMIENTOS

Se procedió a infectar a los insectos utilizando una única dosis del orden de  $1,0 \times 10^7$  conidios/ml., de los aislamientos denominados NARANJO, SARCHÍ, D 0295, A-1 y Bb 447, todos ellos excepto el último, fueron aislados de la Broca del Café, *Hypothenemus hampei*, por personal del Centro de Investigaciones del Café (CICAFE). El aislamiento B 447 es utilizado por DIECA comercialmente para el combate de *Metamasius hemipterus*, que también provoca perjuicios al cultivo de la caña de azúcar.

La infección se realizó mediante la inmersión de los individuos en la suspensión de esporas por espacio de 10 min. Posteriormente, los insectos fueron colocados en grupos de 10 dentro de recipientes equivalentes a los mencionados anteriormente. Las evaluaciones se realizaron por espacio de 21 días. En cada evaluación los insectos muertos fueron retirados, registrados y posteriormente colocados dentro de una cámara húmeda ( $25 \pm 1$ °C), en espera de observar la presencia de micelio de *B. bassiana*. Al corroborar esto, los insectos se clasificaron como infectados y no infectados (muertos por otro factor).

El modelo utilizado fue el Irrestricto al Azar, e incluyó cuatro repeticiones de 10 insectos cada uno por tratamiento. Los tratamientos correspondieron a los 5 aislamientos, más un testigo relativo (con inmersión y sin hongo) y otro absoluto.

Los datos fueron procesados mediante el análisis de varianza y la separación de medias (TUKEY). Los

aislamientos que en esta primera prueba mostraron los índices más altos de virulencia (mortalidad total) y de agresividad (ritmo de mortalidad), fueron utilizados en la prueba de dosis.

## PRUEBA DE DOSIS

En esta prueba se buscó determinar la mortalidad de los insectos sometidos a tres dosis o concentraciones de los aislamientos más virulentos (D 0295 y NARANJO). Las pruebas fueron realizadas en el Laboratorio de Investigación del Programa de Entomología, bajo las mismas condiciones utilizadas en la prueba de competencia de cepas. En este caso al buscar representar las condiciones de una trampa tipo bambú puesta en el campo, la metodología utilizada para la infección de los picudos, fue simplemente la adición del producto comercial BEAUVEDIECA GRANEL (hongo y arroz seco), en la cantidad específica (g) según la dosis, dentro de los recipientes plásticos con trozos de caña. Las dosis que fueron representadas en esta prueba fueron: 2,50, 5,0 y  $7,5 \times 10^{12}$  conidios/ha. Para determinar la equivalencia en peso de BEAUVEDIECA por recipiente para esa dosificación, se utilizaron las siguientes condiciones: fraccionamiento en tres partes (aplicaciones) del material, uso de 20 trampas de bambú por hectárea y relación peso de caña en trampa y en recipiente: 20 a 1.

Para esta prueba se utilizó el diseño irrestricto al azar, utilizando cuatro repeticiones por tratamiento. Como se mencionó, los tratamientos consistieron de dos aislamientos y tres dosis de cada uno, más un testigo absoluto (6 tratamientos en total). Para determinar si hubo diferencias significativas entre los tratamientos, se utilizó el mismo tipo de análisis que fue realizado en la prueba anterior.

## EXPERIMENTACIÓN DE CAMPO

El propósito de esta etapa del estudio fue el de validar la eficiencia de control del mejor aislamiento a una única dosis de  $1,33 \times 10^{13}$  conidios/ha, aplicada de manera fraccionada. Se utilizaron tres diferentes formas de aplicación: hongo + sustrato en trampas de bambú, aspersión a la base de la cepa y una combinación entre ambos métodos. El estudio se llevó a cabo entre el 23 de octubre del 2003 y el 10 de febrero del 2004 y fue ubicado en la parcela 11, lotes 11 y 12, perteneciente a la finca AGROPALMITO, situada en el distrito de Guápiles, cantón de Pococí, provincia de Limón, a 264 msnm.

Cada parcela correspondiente a cada tratamiento incluyendo a un testigo relativo (con trampas y sin hongo) y a otro absoluto (sin trampas ni hongo), constó de un área de parcela experimental de 15.000 m<sup>2</sup>, correspondiente a 120 m de frente (60 hileras de plantas

separadas a 2 m), por 125 m de fondo; el área de parcela útil comprendió 10.000 m<sup>2</sup>, correspondiente a 100 m de frente (50 hileras de plantas), por 100 m de fondo (Fig. 1). El tamaño de la parcela se escogió en función al rango de vuelo del picudo (50m). El manejo cultural de las parcelas durante la prueba, fue el que se recomienda y utiliza comercialmente.

Las variables evaluadas fueron: a). Número de insectos muertos, insectos parasitados con el hongo (muertos por el hongo) e insectos vivos observados, dentro de trampas de bambú, en tratamientos con hongo y testigo relativo. Para tal efecto se dispusieron 42 trampas tipo bambú por parcela experimental, dejando las 20 centrales para las observaciones (parcela útil); b). Número de tallos sanos y tallos volcados. Para ello se procedió a muestrear a 60 cepas por parcela, utilizando 20 estaciones de 3 cepas adyacentes cada una. Su distribución se hizo de manera aleatoria; c). Número de formas biológicas encontradas dentro de tallos volcados observados en la cepa central de cada estación de tres cepas. El total de cepas evaluadas en este caso fue de 20. Los tallos aptos para ser contabilizados en los muestreos fueron aquellos que como mínimo alcanzaban 75 cm de altura.

Los datos registrados y tabulados fueron analizados estadísticamente mediante el Análisis de Varianza y la Separación de Medias (TUKEY), con el objeto de buscar diferencias significativas entre los tratamientos, con respecto a cada variable evaluada. Para tal efecto y considerando la magnitud y el número de observaciones, se utilizó el método de "INDICES O AREA BAJO LA CURVA", con la colaboración del Ingeniero Juan Ramón Navarro Flores (CIPROC), perteneciente a la Universidad de Costa Rica (UCR).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### DIAGNÓSTICO DE INCIDENCIA Y DAÑO

Sobre un total de 54 cepas y 274 tallos volcados muestreados al azar, provenientes de tres representativas fincas palmeras de la región Atlántica (INDACO, AGROPALMITO Y AGROPECUARIA GUILDEL), se observó una predominancia muy marcada de *Metamasius hemipterus* sobre *Rhynchophorus palmarum*. Para el primer caso en total se obtuvieron valores de 0,23 larvas, 0,03 pupas y 0,10 adultos en promedio por tallo volcado, es decir, una media absoluta de 0,36 formas biológicas; para el segundo caso, se observó una única larva, por lo que el total de formas biológicas fue de 0,01.

Según finca, se observó con excepción a INDACO, una predominancia de formas biológicas inmaduras (larvas) sobre adultos de *M. hemipterus*; los promedios de larvas, pupas y adultos de este insecto para AGROPALMITO y AGROPECUARIA GUILDEL fueron muy similares

entre sí, obteniendo valores de 0,27 larvas, 0,02 pupas y 0,06 adultos y de 0,25 larvas, 0,05 pupas y 0,06 adultos, respectivamente. Para INDACO el número promedio fue de 0,03 larvas, 0,05 pupas y 0,34 adultos.

En cuanto al número de formas biológicas totales según finca, los resultados fueron muy similares en AGROPALMITO Y AGROP. GUILDEL, mostrando valores de 0,35 y 0,36, respectivamente; en INDACO los niveles fueron ligeramente superiores, un total de 0,42 lo cual se debió al mayor número de adultos encontrado. Individualmente, las parcelas INDACO 34, AGROPALMITO 24 y 38 mostraron las poblaciones de las diferentes formas biológicas más altas. Con el objeto de conocer el nivel de daño promedio ocasionado por *M. hemipterus* sobre el palmito, es decir, el número de tallos volcados dentro de la población total de tallos, se procedió a evaluar un total de 54 estaciones al azar, considerando tres cepas por estación (162 cepas), provenientes de las mismas parcelas utilizadas para determinar la presencia de formas biológicas; el área aproximada del muestreo fue de 149 hectáreas. Se encontró que dentro de un total de 773 tallos evaluados, 99 de ellos presentaron algún nivel de afección, ya sea al mostrarse totalmente o parcialmente volcados, con algún grado de pudrición basal; esta cantidad representó el 12,8% de daño dentro del total de la población de tallos de más de 75 cm.

Finalmente, habiendo estudiado los valores de población y daño de todas las fincas y parcelas visitadas, se procedió a escoger a la parcela AGROPALMITO 38 como la idónea para recolectar a los adultos que serían utilizados en las siguientes dos etapas del proyecto: Selección de Aislamientos y Prueba de Dosis.

## COMPETENCIA DE AISLAMIENTOS

### CAPTURA DE ADULTOS

Producto de la colocación de las trampas se recolectó un total de 812 insectos, de los cuales, un total de 780 (96%) fueron encontrados vivos; de ese total únicamente 2 (0,25%) mostraron signos de haber sido parasitados por el hongo *B. bassiana*, es decir, por una raza nativa.

Las recolectas obtenidas según visita, alcanzaron totales de 382, 154 y 244 insectos vivos, respectivamente para los días 10 de junio, 26 de junio y 10 de julio. Como se puede inferir, la captura intermedia fue menor que las otras dos, lo que se debió a la pérdida del poder de atracción de las trampas en esa fecha, dado que los cebos (trozos de caña) contaban ya con cerca de 29 días de permanecer en el campo. El promedio por trampa del número de insectos encontrados vivos y muertos según fecha de recolección fue de 12,7 y 0,8 (10 junio), 5,1 y 0,2 (26 junio) y 8,1 y 0,1 (10 julio).

## PATOGENICIDAD DE AISLAMIENTOS

Al aplicar el análisis de varianza para los datos obtenidos, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos (aislamientos) utilizados (PrF= 0,0001). Se determinó además mediante la separación de las medias, que los aislamientos NARANJO y D 0295, reportaron los índices de parasitismo más elevados (55.0%), siendo este resultado, significativamente diferente a los demás tratamientos (Cuadro 1); asimismo, ambos aislamientos mostraron índices de control significativamente diferentes a los reportados para el testigo absoluto y relativo, lo cual permite asegurar con un alto nivel de confiabilidad (Tukey PrF<=0,04), que la mortalidad observada en la población de insectos en estos dos casos, se debió al efecto de los aislamientos mencionados y no a la manipulación realizada. Es además destacable el bajo índice de mortalidad reportado por los testigos, lo que asegura también la confiabilidad de la prueba y de los resultados, haciendo referencia a que en este tipo de ensayos, no debiera presentarse un nivel de mortalidad superior al 10% de la población de los testigos (Batista-Alves, 1992).

CUADRO 1  
PRUEBA DE PATOGENICIDAD DE AISLAMIENTOS.  
SEPARACIÓN DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
TESTIGO RELATIVO	2,5 A
TESTIGO ABSOLUTO	2,5 A
SARCHÍ	20,0 AB
447	25,0 AB
A-1	30,0 B
NARANJO	55,0 C
D 0295	55,0 C

Letras distintas indican diferencias significativas  $P<=0,05$ , C.V.59,35

Observando los resultados de parasitismo encontrados según el aislamiento aplicado, se revela que para la dosis empleada ( $1,0 \times 10^7$  con./ml) los aislamientos D 0295 y NARANJO fueron los más virulentos, alcanzando ambos luego de 21 días de la inoculación (21 DDI), el porcentaje promedio de parasitismo más elevado, un 55% de la población. Los aislamientos A-1, 447 y SARCHÍ alcanzaron porcentajes de parasitismo del 30, 25 y 20%, respectivamente; en cuanto a los testigos relativo

y absoluto, ambos manifestaron niveles de parasitismo muy bajos, 2,5 y 5,0%, respectivamente, lo cual es atribuible a la contaminación con alguno de los aislamientos utilizados.

Dentro de los resultados obtenidos fue interesante además observar que para todos los tratamientos con hongo hacia el 10 DDI, se manifestó un fuerte aumento en el número de insectos parasitados, lo que se debe a características propias de *B. bassiana* y que comúnmente han sido observadas por otros autores (Lecuona <sup>b</sup>).

En cuanto a la agresividad que mostraron los diferentes aislamientos, se observa que para el día 23 de junio y hasta el 27 del mismo mes, se experimentó un incremento sostenido en el parasitismo, lo cual fue válido para el resto de los aislamientos, con excepción al aislamiento A-1. Se observa además que fue el aislamiento D 0295 el que provocó la muerte y mostró al insecto momificado con el hongo, en el tiempo más corto. Se puede señalar además que D 0295 necesitó 9 DDI para lograr colonizar al 50% de la población y que considerando dos días luego de la muerte del insecto para que esto se presente, se podría establecer un Tiempo Letal Medio de 7 DDI ( $TL_{50}$  7DDI). Vale la pena mencionar que el aislamiento NARANJO requirió 3 días más que D 0295 para alcanzar el 50% de parasitismo y además, mostró un  $TL_{50}$  de 9 días. Luego de analizados los resultados se determinó proseguir la etapa siguiente (Prueba de Dosis), utilizando los aislamientos que provocaron la más alta mortalidad: D 0295 y NARANJO.

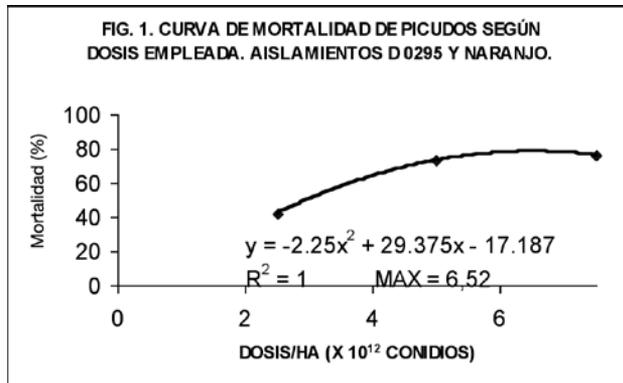
## PRUEBA DE DOSIS

Al analizar los resultados mediante la misma prueba utilizada anteriormente, se determinaron diferencias significativas únicamente para el factor dosis (PrF=0,0441), no así para el factor tratamiento (aislamiento) (PrF=0,4202), lo que concuerda con el resultado observado en el primer bioensayo (competencia de aislamientos). El Coeficiente de Variación (C.V.) fue en este caso de 43,45%. Al analizar nuevamente los tratamientos mediante la separación de medias, pero descartando el factor dosis, fueron evidentes diferencias altamente significativas en la mortalidad de los insectos observada entre los aislamientos y el testigo absoluto (Tukey PrF<=0,05), situación que es concordante con lo anteriormente mencionado y que definitivamente asegura que dicho efecto se debió únicamente a los hongos aplicados (cuadro 2). La figura 1 muestra la curva mejor ajustada para describir la mortalidad de los insectos (según dosis utilizada).

CUADRO 2  
EFECTO TRATAMIENTOS. SEPARACIÓN DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA*
TESTIGO ABSOLUTO	6,25 A
D 0295	59,38 B
NARANJO	68,75 B

\*Referida al índice calculado. Letras distintas indican diferencias significativas.  $P < 0,05$ , C.V.. 50,33



Pudo constatar además, que el aislamiento NARANJO a su dosificación más elevada fue el tratamiento más virulento (84,38%). La figura 2 muestra los porcentajes de control acumulado (virulencia) observados en promedio según tratamiento.

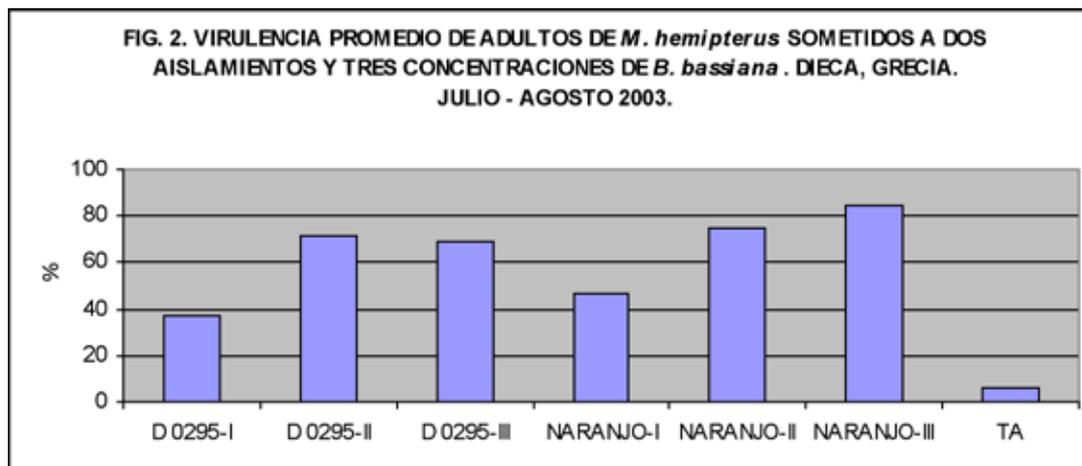
Al observar la mortalidad de insectos según tratamiento con respecto al tiempo, al igual que en la prueba de competencia de aislamientos, se observó un incremento casi generalizado en mortalidad entre los 8 y 10 DDI, lo que coincide de nuevo con las experiencias de los autores anteriormente citados; esta observación fue válida para todos con excepción de los tratamientos D 0295 en sus dosis II y III y al testigo absoluto.

Asimismo al analizar la curva de mortalidad acumulada (agresividad), se muestra claramente que los tratamientos D 0295-III y NARANJO-III logran controlar al 50% de la población a un plazo de 4 a 5 DDI ( $TL_{50}$  5DDI), lo que representa un lapso de tiempo significativamente inferior a los observados en la prueba anterior. Esta diferencia pudo deberse tanto a la dosificación utilizada, como al tipo de aplicación implementado (inmersión vs. Granular). Finalmente al no haber encontrado diferencias significativas importantes entre los aislamientos D 0295 y NARANJO en cuanto a cantidad de insectos muertos y a la velocidad en que estos morían, se decidió continuar con el último aislamiento, teniendo en consideración su mayor capacidad de producción de inóculo secundario.

## PRUEBA DE CAMPO

### PARASITISMO

Luego del ciclo de aplicaciones, al analizar la varianza de los resultados de parasitismo de picudos encontrados dentro de las trampas, para cada uno de los sistemas de aplicación y del testigo relativo, se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $PrF < 0,0001$ ). Al analizar los resultados de la prueba de separación de medias, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento Aplicación Combinada (Trampas y Aspersión) y el resto de tratamientos implementados, siendo que este tratamiento, mostró el índice de parasitismo más elevado (1744,69). Asimismo, el tratamiento con hongo dentro de trampas, alcanzó el segundo mejor índice de parasitismo (1297,61); esto también resultó ser significativamente diferente al resto de los tratamientos; en tercer lugar y no resultando significativamente diferente al testigo relativo, el tratamiento mediante la aspersión del hongo, logró un índice de 96,6 (11,67 para el testigo) (Cuadro 3).



CUADRO 3  
ÍNDICE DE PARASITISMO SEGÚN SISTEMA DE INOCULACIÓN DEL HONGO. SEPARACIÓN DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA*
TESTIGO RELATIVO	11,67 A
ASPERSIÓN	96,20 A
TRAMPAS	1297,61 B
TRAMPAS + ASPERSIÓN	1744,69 C

\*Referida al índice calculado. Letras distintas indican diferencias significativas.  $P < 0,05$ , C.V.. 80,59

Dentro de los resultados más relevantes, se observó que la aplicación del aislamiento NARANJO a una dosis de  $1,33 \times 10^{13}$  conidios por hectárea, mediante la técnica combinada de aspersión y deposición del hongo dentro de las trampas en promedio, favoreció una infección máxima del 54,97% de la población de insectos encontrados dentro de las trampas; en segundo lugar, la aplicación de la misma dosis pero únicamente en trampas, afectó al 34,62%, mientras que en tercer lugar, la aplicación mediante la aspersión o fumigación de las cepas, alcanzó el 6,75%. Es destacable además, que los máximos de parasitismo en las parcelas de aplicación combinada y en trampas, fueron alcanzados al mes y medio de haber iniciado las aplicaciones (cuadro 4).

Como parte de las evaluaciones, se decidió prolongar el período de observación del parasitismo dentro de las trampas, esto con el objetivo de conocer a qué nivel podía considerarse que se estableció el hongo en el ambiente. Se observó que entre 15 y 20 días después de haber realizado la última aplicación, el parasitismo bajó en la parcela TRAMPAS, pasando del 34,62% al 7,69%.

CUADRO 4  
POR CENAJE DE PARASITISMO OBSERVADO SEGÚN TRATAMIENTO Y FECHA DE EVALUACIÓN.

FECHA	TRATAMIENTO			
	T + ASP	ASP	TRAMPAS	T.R.
23/10/2003	nd	nd	nd	nd
05/11/2003	23,08	0	17,96	0
18/11/2003	39,18	6,75	28,13	0
02/12/2003	54,97	8	34,62	1,85
16/12/2003	26,79	3,14	22,14	0
30/12/2003	2,03	0,57	10	0
10/02/2004	6,25	0	7,69	0

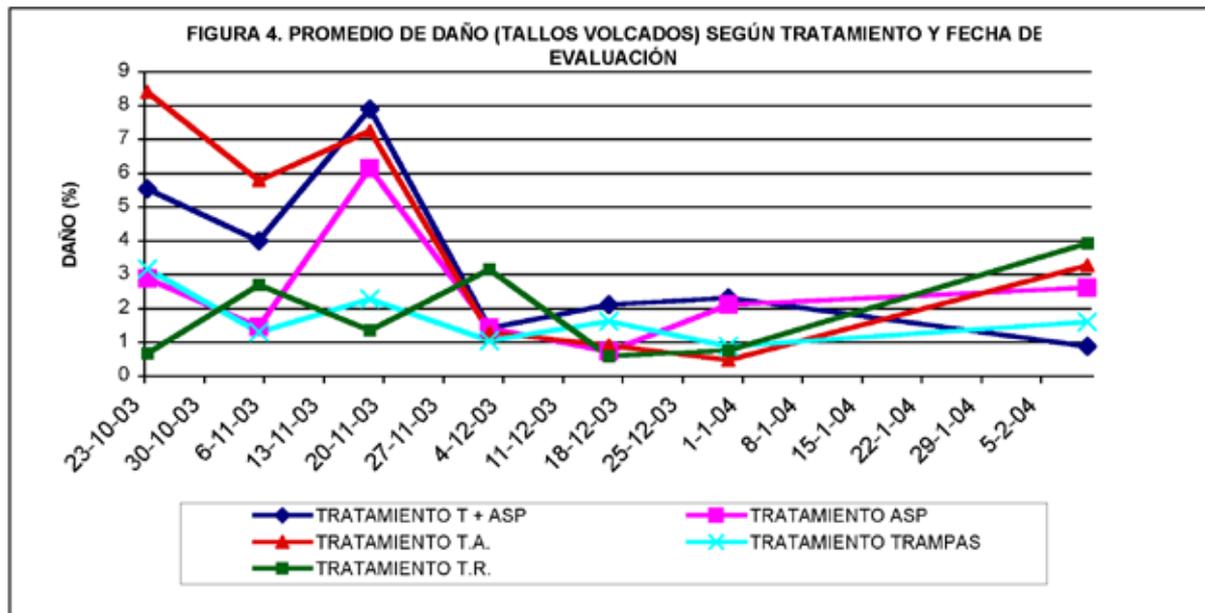
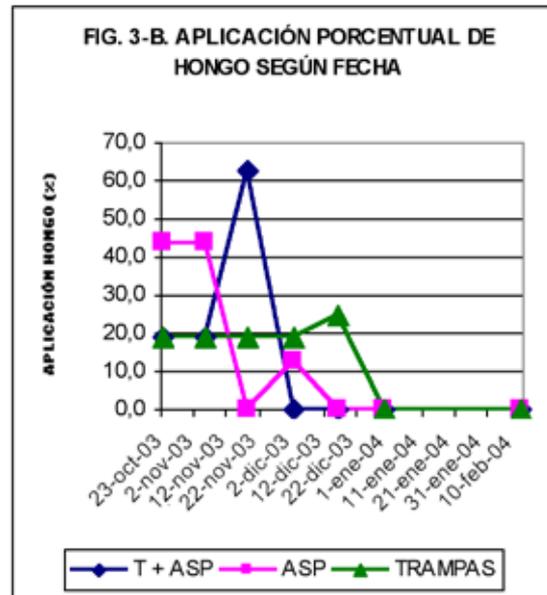
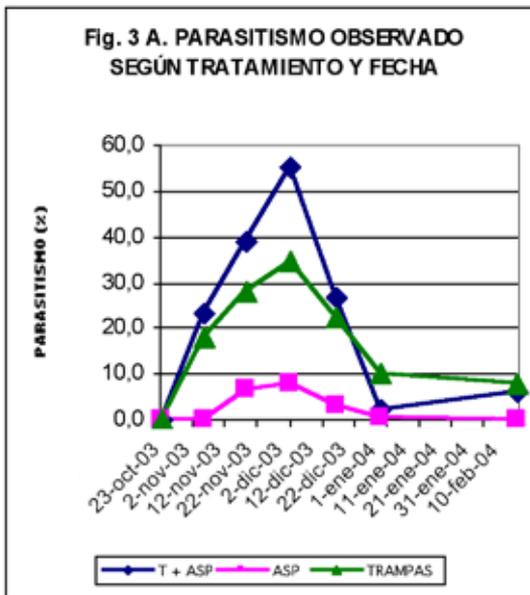
\*nd: no determinado, en rojo, los niveles de control más elevados según tratamiento

Considerando que el nivel de parasitismo observado antes de aplicar los tratamientos no alcanzaba el 1% y que al finalizar los muestreos alcanzó cerca del 8%, existen grandes expectativas de que en un futuro, el nivel de parasitismo residual, alcance niveles incluso superiores. Esto aunado a la implementación de un programa estratégico de liberación del hongo y a que las condiciones de clima de la región tal y como se presentaron durante el experimento, favorecen la permanencia del patógeno y el desarrollo de infecciones masivas (epizootias), hacen prever que el sistema podría ser viable tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Una de las hipótesis con las que se trabajó inicialmente fue, que en la medida en que el hongo estuviese protegido y fuese aplicado en forma fraccionada, caso de la aplicación en trampas, el nivel de parasitismo podría ser el más alto entre los tratamientos; sin embargo, como se mencionó, el nivel de parasitismo más alto se obtuvo en la parcela combinada. Al analizar estos resultados y compararlos con el ritmo o tasa de aplicación del hongo en cada caso, se encuentra una posible respuesta: en la parcela combinada el ritmo de aplicación fue significativamente superior al observado en la parcela de trampas, lo que favoreció un rápido crecimiento en los niveles de parasitismo. Por otro lado, como se pensó, la aplicación mediante la aspersión de la espóra, resultó ser la menos eficiente, lo que resulta lógico ya que la espóra se ve afectada directamente por la luz solar (U.V.) y las altas temperaturas. La figuras 3a y 3b muestran lo anteriormente descrito

#### NIVEL DE DAÑO Y SANIDAD DEL CULTIVO

En cuanto al índice de daño (tallos volcados), el análisis de varianza demostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados ( $PrF=0,009$ ), sin embargo, al haberse presentado un nivel alto de variabilidad (C. V. 133,39%), los resultados obtenidos, bien pudieron deberse a otros factores y no precisamente al control y el efecto de la plaga; entre estos factores los más importantes pudieron haber sido: a). Lenta Emisión de Tallos Cosecheros y el relativamente corto lapso de tiempo en que se hicieron las observaciones; b). El Sistema de Cosecha que es semanal y no sigue una secuencia establecida sino que es definido por la salida de tallos cosecheros y c). El Daño observado puede no estar 100% asociado al insecto. Alpízar<sup>r</sup>, menciona además que para los meses en los que se llevó a cabo el experimento, la población de la plaga naturalmente decrece. Una situación similar se presentó al analizar la varianza de los resultados de campo para la variable tallos sanos, donde a pesar de encontrarse diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $PrF=0,0227$ ), a un bajo índice de variabilidad (C.V. 28,34%), no fue posible correlacionar

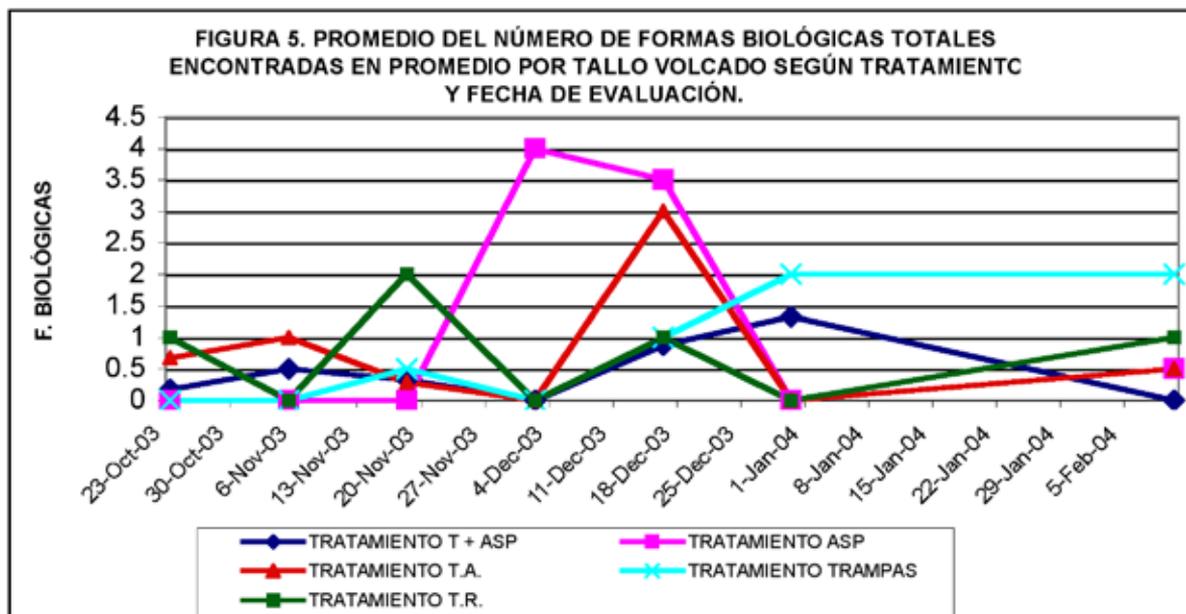


el control de la plaga con esta variable, lo que sucedió muy probablemente a alguno o a varios de los factores anteriormente señalados.

Al graficar los niveles de daño (%) para cada tratamiento según evaluación, a pesar de, cómo se explicó, no encontrar consistencia entre el control del insecto los índices mencionados, el porcentaje de daño muestra un decrecimiento importante a lo largo del período de evaluaciones (23 de octubre del 2003 al 10 de febrero del 2004), situación que puede estar directamente asociada a uno o a varios factores descritos anteriormente (Figura 4).

### FORMAS BIOLÓGICAS

El análisis de varianza realizado a esta variable, demostró que hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $p=0,0075$ ), sin embargo, la variabilidad que se presentó tanto para los adultos como para las larvas, fue muy elevada, lo que le restó veracidad a los resultados. Por otro lado al graficar el número promedio de formas biológicas (larvas, pupas y adultos), tampoco fue posible identificar tendencias o relaciones entre los tratamientos, situación que pudo estar originada por los factores anteriormente descritos en el punto



4.3.2. La figura 5 muestra gráficamente el número total de formas biológicas, larvas, pupas y adultos, encontrados para cada tratamiento, según fecha de evaluación.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones y recomendaciones más importantes que se desprenden del estudio son:

1. En las localidades de la Región Atlántica donde se realizó en diagnóstico de incidencia y daño, quedó de manifiesto que la especie predominante es el picudo *Metamasius hemipterus*; el porcentaje de daño (tallos volcados) promedio correspondió a un 12,4%, alcanzando un máximo del 18,7%.
2. En el campo quedó demostrado que el aislamiento de *B. bassiana* denominado NARANJO, aplicado a una dosis de  $1 \times 10^{13}$  conidios por hectárea y bajo el sistema de aplicación y fraccionamiento empleado, logró un control del 54,97% de los insectos encontrados dentro de las trampas, siendo este resultado significativamente diferente a los demás tratamientos. Este resultado por sí mismo puede ser considerado como una estrategia de control del picudo altamente eficaz.

3. El lapso de tiempo, desde el inicio de las liberaciones del hongo hasta que la curva de parasitismo alcanzó los niveles más altos en los distintos tratamientos, alcanzó los 45 días.
4. No fue evidente ninguna relación entre parasitismo y daño o entre parasitismo y formas biológicas encontradas, lo que hace pensar en que hay otros factores implicados tanto en el daño como en la dinámica poblacional de insecto.

\* **PALABRAS CLAVE:** *Metamasius hemipterus*, *Rhynchophorus palmarum*, *Bactris gasipaes*, *Beauveria bassiana*.

## LITERATURA CITADA

1. ALPÍZAR D., 2000. "Algunos Aspectos Sobre el Manejo Integrado de los Picudos *Rhynchophorus palmarum* y *Metamasius hemipterus* en el Cultivo del Palmito *Bactris gasipaes* K". Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Estación Diamantes, Guápiles, Limón.
2. BATISTA-ALVES, S., 1992. Controle Microbiano de Insetos. Ed. Manole, Brasil. 375 p.
3. LECUONA, R. E., 1996. "Microorganismos Patógenos Empleados en el Control Microbiano de Insectos Plaga. Talleres Gráficos Mariano, Buenos Aires, Argentina. 338 p.

# EFFECTO DEL TIPO DE SUSTRATO (ARROZ) Y EL TIEMPO DE PRECOCINADO UTILIZADOS PARA LA REPRODUCCIÓN DEL HONGO *METARHIZIUM ANISOPLIAE*, SOBRE SU CALIDAD INTEGRAL

Alejandro Rodríguez Morales

Programa de Entomología, Estación Experimental DIECA, Grecia  
arodriguez@laica.co.cr

## RESUMEN

Con el objeto de determinar de manera preliminar si el tipo de sustrato o tipo de arroz y su preparación que es utilizado en la reproducción del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* por DIECA, afecta las características del mismo en cuanto a: Concentración, Viabilidad, Pureza Microbiológica y su Patogenicidad, sobre larvas de *Diatraea saccharalis*, provenientes de una cría masiva. Los tratamientos fueron: a) tipos de arroz según su porcentaje grano entero-grano quebrado: 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 y Rechazo Precocido; b) tiempo de precocimiento en agua hirviendo: 1½, 2 y 2½ minutos. La principal conclusión que se obtiene luego de haber evaluado los resultados, es que los sustratos de menor costo, con relaciones de grano quebrado más altas (60:40, 73:30 y Rechazo Precocido), permiten alcanzar niveles de concentración de conidios por peso de producto comercial más elevados; se observó además que esta tendencia se incrementa cuando el material es precocido por espacio de 1½ minutos y hasta 2½ minutos. El nivel máximo de producción de conidios por gramo de producto se estableció en  $8,52 \times 10^9$ , para el sustrato 60:40 precocido por espacio de 2½ minutos. No se observaron tendencias claras en cuanto a los niveles de viabilidad de pureza y de patogenicidad sobre *Diatraea saccharalis*, por lo que se puede decir que la principal característica influenciada por el tipo de sustrato y su precocimiento, es la concentración de esporas.

## 1. INTRODUCCIÓN

Se ha comprobado que factores como el tipo de sustrato utilizado y el tiempo de cocción del mismo, definen en cierto porcentaje, las características del material resultante. Las investigaciones realizadas en DIECA desde el año 1996, han sido dirigidas hacia la búsqueda de sustratos que, por un lado, permitan alcanzar las concentraciones más elevadas posible de hongo por gramo de arroz del producto final y, por el otro, representen costos de adquisición menores, de tal forma que sea posible mantener tanto una buena producción, como un costo de producción competitivo. Algunas de las investigaciones han sido las siguientes:

- AÑO 1996: Evaluación de las marcas comerciales de arroz Tío Pelón Rojo (TPR, 90:10) y Tío Pelón Azul (TPA, 80:20), como sustratos para la reproducción

del hongo *Metarhizium anisopliae*. Se encontró que el TPA siendo aún más barato y de grano entero 10% menor que el TPR, produce en promedio,  $1,2 \times 10^8$  conidios/g más (10,5%) (DIECA, 1996

- AÑO 1997: Evaluación de tres diferentes metodologías para la reproducción de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*. Se encontró que la utilización del medio líquido Sabouraud-Dextrose-Broth-Agar (SDB) como matriz líquida, permitió la máxima producción de conidios por gramo de producto comercial para ambos hongos, superando la metodología del CA-TIE y la de DIECA (matriz de arroz). La concentración (conidios/g) obtenida fue la siguiente:  $8,50 \times 10^8$  (*M. anisopliae*, ARE-1) y  $6,20 \times 10^7$ , (*B. bassiana*, Bb-0084) (DIECA, 1997).
- AÑO 1998: Evaluación del Maíz Amarillo como sustrato alternativo para la reproducción del hongo

*Metarhizium anisopliae*. Se encontró que el arroz tratado según la metodología de DIECA (cocción en agua hirviendo por espacio de 3 min.), produce en promedio, un 19,0% más de conidios en comparación con la productividad del maíz amarillo quebrado (sustrato más barato), puesto en agua durante 3 horas y, un 23,8% más de conidios, comparado con la productividad del maíz amarillo precocido en agua hirviendo durante 4 min. (DIECA, 1998).

Como puede inferirse, las investigaciones han sido enfocadas a la búsqueda de sustratos de menor costo, pero que adecuadamente procesados, incrementen o al menos, no provoquen un decrecimiento en la productividad de conidios/g. Considerando que otros factores como el aporte de nutrientes al hongo, en función al tipo de sustrato y lo que esto podría representar en términos de su virulencia y agresividad, podrían ser muy relevantes, es entonces de suma importancia ampliar las investigaciones y tratar de evaluar esta incógnita.

## 2. OBJETIVO PRINCIPAL

Evaluar los niveles de Calidad y Patogenicidad del hongo reproducido utilizando diferentes tipos de sustratos y tiempos de precocimiento. Otros parámetros importantes a evaluar serán: concentración, viabilidad y pureza microbiológica obtenida. Fue posible evaluar además, la variabilidad en la concentración de conidios resultantes, según la condición propia de cada matriz líquida utilizada.

## 3. METODOLOGÍA UTILIZADA

Utilizando como fuente de inóculo a los propágulos reproducidos en 5 diferentes matrices líquidas con medio Sabouraud Liquid Medium + Dextrosa + Extracto de Levadura (SLM+D+Y) y con 8 días de agitación a 85 revoluciones por min., se procedió a inocular 7 bolsas de 400g de cada tipo de sustrato, previamente precocido a tres tiempos: 1½ minutos (Prueba 2) y 2 minutos (Prueba 1) y 2½ minutos (Prueba 4). La cantidad de suspensión inoculada en cada bolsa fue de 16ml. La cepa utilizada fue la PL-43 (*M. anisopliae*). Una vez inoculadas las bolsas, fueron homogenizadas y colocadas dentro de una sala acondicionada a  $24 \pm 3$  °C y sometidas a un fotoperíodo de 12 horas al día. A los 15 días, las bolsas fueron abiertas y el material en su interior fue puesto en bandejas para su secamiento por un lapso de 10 días a una temperatura de  $20 \pm 3$  °C. Se utilizaron 7 bolsas por tratamiento, realizando 5 repeticiones por tratamiento, las cuales consistían en las cinco matrices utilizadas, esto con el objeto de diluir un posible efecto debido a

su reconocida heterogeneidad (concentración de hifas, blastósporas y conidios). Las variables evaluadas fueron: Concentración (Conidios/g de producto final), Viabilidad (%), Conidios/g 100% viables, pureza microbiológica, virulencia y agresividad del hongo obtenido. Para esto último fueron utilizadas larvas de *Diatraea saccharalis* de 10 días de nacidas, inoculándolas mediante la técnica de inmersión (30 seg.) en una suspensión de  $4,0 \times 10^7$  conidios/g (100% viables); se utilizó en este caso, 5 repeticiones de cinco larvas por tratamiento.

Para el cálculo de la concentración se utilizó un Hemocitómetro ( $0,1\text{mm} \times 0,0025\text{mm}^2$ ) con conteo total de estructuras en 40 subcuadrantes, a 40x de poder, a partir de la dilución  $1 \times 10^{-3}$ ; las pruebas de viabilidad fueron realizadas mediante la siembra de la misma dilución, en Platos Petri conteniendo medio Papa Dextrosa Agar (PDA); los platos sembrados se incubaron a  $25 \pm 1$ °C y fotoperíodo de 13 horas diarias, por espacio de 18 horas. La lectura se realizó a 40X de poder. Los datos de concentración expresan únicamente la población viable.

Para calcular la pureza, se procedió de la misma manera que para la viabilidad, pero incubando los platos bajo las mismas condiciones por espacio de 8 días; se contabilizaron la Unidades Formadoras de Colonia (UFC), correspondientes al hongo reproducido y el resultado fue expresado en forma porcentual, con respecto al total de UFC (hongo y contaminantes).

La metodología para el cálculo de estas tres variables mencionadas, puede también consultarse en: Batista-Alves, 1992; Lecuona, 1996; CENICAFE, 1997 y Rodríguez, 2000; CATIE, 2002 y SAGARPA, 2002.

Las evaluaciones se realizaron a los 3, 6, 9 y 12 días después de la inoculación, cuando fue posible. Los datos que se muestran no han sido analizados estadísticamente y representan el promedio obtenido de las 5 repeticiones utilizadas. Este informe por tanto, se basa en promedios y tendencias claramente observadas.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. CONCENTRACIÓN

Se observa de manera general, que en la medida en que aumenta el tiempo de precocido y por tanto, el contenido final de agua en el grano de arroz y en el sustrato, se produce un incremento en la concentración de conidios para todos los tipos de sustrato; esto posiblemente se deba a una mayor y más rápida colonización del grano y a una mayor agresividad del hongo bajo condiciones más húmedas. Este comportamiento se presentó en todos los casos, con excepción al sustrato 80:20 sometido a 2 minutos de precocimiento, lo cual pudo deberse a un error en el procesamiento de alguna de las muestras.

El hecho de que el arroz 60:40 haya mostrado las más elevada concentración de conidios, sin importar el tiempo de precocimiento, se debe muy probablemente a la conjunción de dos factores: la superficie específica del grano y la humedad que este retiene. Al poseer dicho sustrato una superficie colonizable por peso mayor que el resto, entonces el mayor área total de micelio que se genera, propicia a su vez, una mayor conidificación (esporulación); asimismo se ha comprobado que a mayor porcentaje de grano quebrado, hay una mayor humectación, lo que igualmente permite una mayor agresividad, colonización y conidificación a partir del sustrato.

De manera similar a lo expuesto anteriormente, el segundo lugar en concentración alcanzada por el sustrato 70:30, puede ser explicado. Por otro lado el arroz Rechazo Precocido, precisamente por esta característica (precocimiento), a pesar de poseer un porcentaje de grano entero elevado (superior al 80%), es fácilmente humectable y por tanto, puede alcanzar niveles altos de concentración.

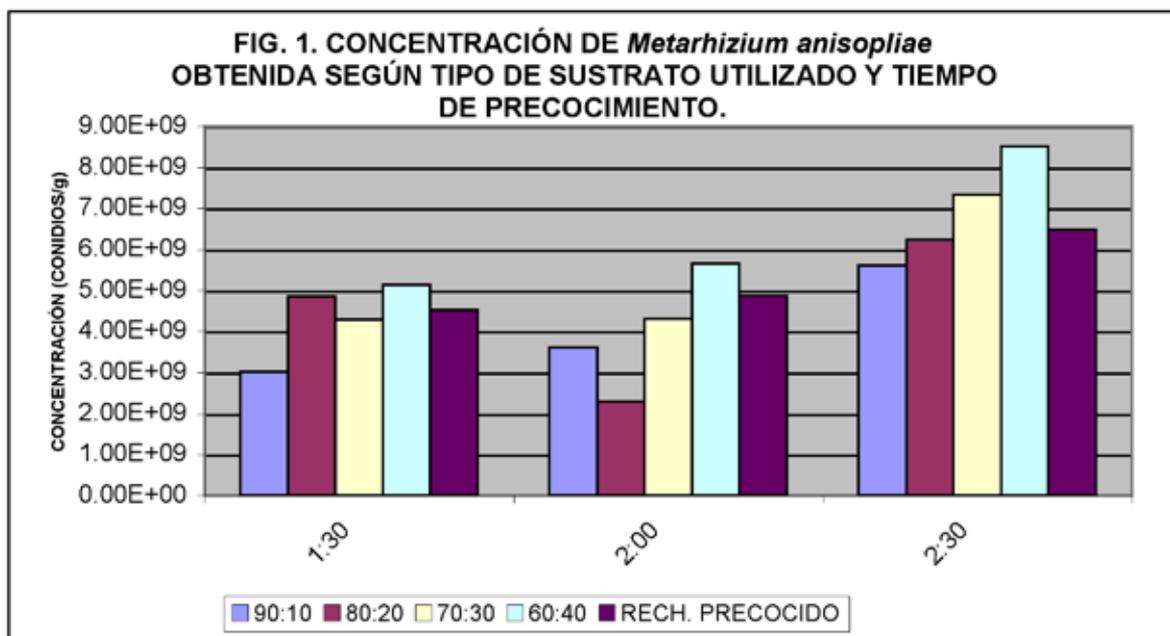
Por el contrario, los tipos de sustrato de granos más enteros, se prestaron para la obtención de niveles menores en cuanto a la concentración del material. El cuadro y la figura 1, muestran lo anteriormente descrito.

CUADRO 1  
CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE CONIDIOS POR GRAMO CON VIABILIDAD DE 100%, OBTENIDA SEGÚN TIPO DE SUSTRATO Y TIEMPO DE PRECOCIMIENTO.

SUSTRATO	TIEMPO DE PRECOCIMIENTO (MIN)		
	1½	2	2½
90:10	3,01E+09	3,62E+09	5,61E+09
80:20	4,85E+09	2,29E+09	6,23E+09
70:30	4,29E+09	4,30E+09	7,33E+09
60:40	5,14E+09	5,65E+09	8,52E+09
RECH. PRECOCIDO	4,53E+09	4,87E+09	6,49E+09

#### 4.2. VIABILIDAD

Se entiende por viabilidad, la capacidad del conidio para germinar; en este caso, la germinación evaluada fue la que se produjo luego de 18 horas de incubación. En todos los casos los índices de viabilidad fueron altos, observándose un rango de 90,2% a 100%. No obstante, se apreció una tendencia creciente en la viabilidad para los sustratos 60:40, 70:30 y Rechazo Precocido, los cuales



coincidentalmente, mostraron los mayores contenidos de conidios. Esta característica posiblemente se deba a que en ese período de incubación y bajo las concentraciones de humedad del grano de dichos sustratos, la mayor agresividad que se presenta, permite por un lado, una más conspicua la germinación del conidio bajo el lente de

alto poder (40X) y, por el otro, una activación del proceso de germinación a un tiempo menor. Este comportamiento fue parcialmente observado para el resto de sustratos (80:20 y 90:10); aquí se observó más bien un decrecimiento en la germinación del material para el tiempo de precocimiento intermedio, lo cual no tiene una explicación

lógica y posiblemente se deba a algún error en la toma, el procesamiento o lectura de las muestras.

Adicionalmente, es importante señalar que no se observó ningún efecto sobre la germinación, cuando se comparan los resultados de los diferentes sustratos, según tiempo de precocimiento. El cuadro y la figura 2 muestran en detalle lo anteriormente mencionado.

CUADRO 2  
VIABILIDAD PROMEDIO DE CONIDIOS OBTENIDA SEGÚN TIPO DE SUSTRATO Y TIEMPO DE PRECOCIMIENTO.

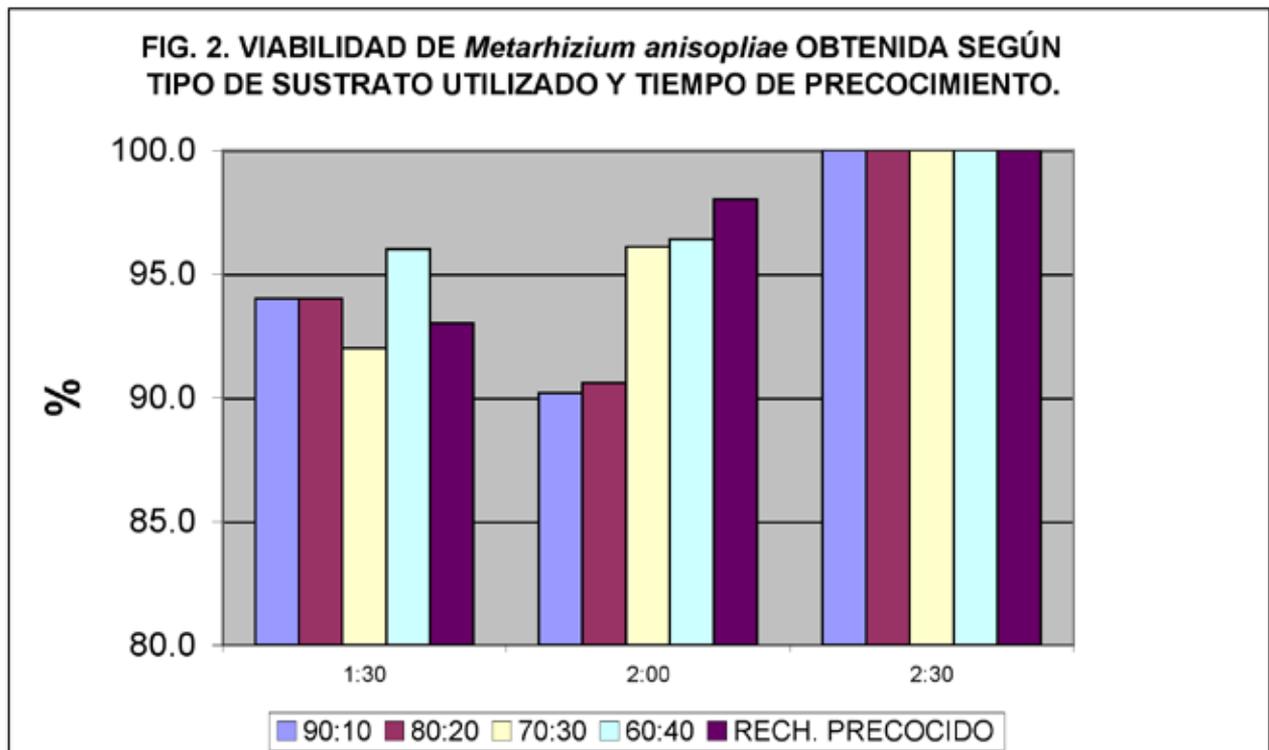
SUSTRATO	TIEMPO DE PRECOCIMIENTO (MIN)		
	1½	2	2½
90:10	94,0	90,2	100,0
80:20	94,0	90,6	100,0
70:30	92,0	96,1	100,0
60:40	96,0	96,4	100,0
RECH. PRECOCIDO	93,0	98,0	100,0

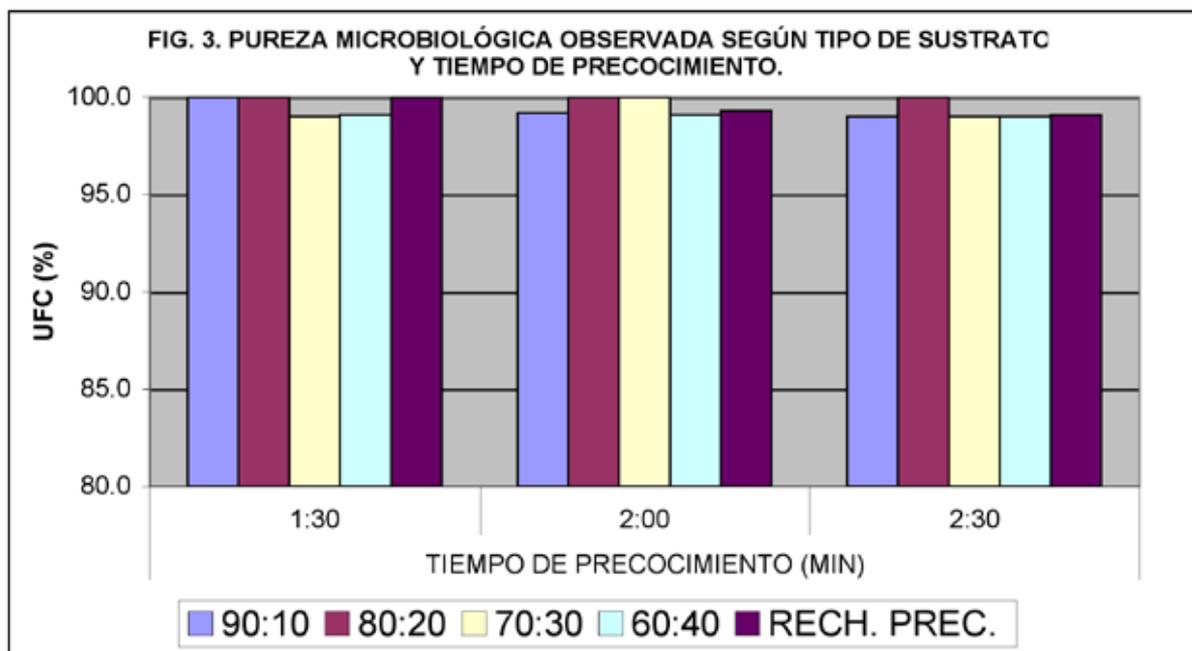
#### 4.3. PUREZA MICROBIOLÓGICA

Las evaluaciones de pureza microbiológica mostraron, para todos los tratamientos, índices mayores al 99%. Este resultado hace pensar que el tipo de arroz y/o su procesamiento, no influyen en la pureza del material. Experimentalmente se ha observado que el sustrato Rechazo Precocido tiende ligeramente a ser más contaminable. La figura 3 muestra en detalle los resultados obtenidos.

#### 4.4. VIRULENCIA Y AGRESIVIDAD

Se mostró una ligera mayor virulencia del hongo para todos los tipos de sustrato, cuando el mismo fue tratado mediante su precocimiento durante 1½ minutos; este resultado no obstante, no concuerda con lo anteriormente descrito acerca de la relación humedad-agresividad-productividad (concentración y viabilidad) del hongo; se esperaba por el contrario y siguiendo dichos lineamientos, que a mayor actividad (humedad), se presentara una mayor mortalidad, precisamente por el efecto directo del hongo. Aunque no hay una explicación clara para este efecto, se ha demostrado que estos





hongos (deuteromycetes) bajo situaciones de estrés, fisiológicamente tiende a variar el tipo y la concentración de ciertos tipos de metabolitos secundarios u otras sustancias, muchos de ellos con características biológicamente activas en contra de muchas familias de insectos (Fernández-Larrea, 2001); se ha demostrado además, que esta condición de estrés es también un detonante para el inicio de la conidificación, tal como sucede con la mayoría de los deuteromycetes. Otra posible explicación a estas diferencias, podría establecerse en la existencia de pequeñas diferencias entre los lotes de larvas de *D. saccharalis* utilizados, aún siendo éstos de igual edad.

Por otro lado, al comparar los resultados tanto de virulencia como de agresividad del los hongos reproducidos mediante el uso de los diferentes tipos de sustratos, pero para un mismo tipo de precocimiento, no se observa una tendencia clara, por lo que se puede señalar que el tipo de sustrato no influyó, en este caso, sobre la patogenicidad del hongo.

Debido a que en bioensayos anteriores se experimentó una alta mortalidad sobre el testigo relativo (solo inmersión en agua destilada estéril con el humectante) utilizando tiempos de inmersión de 1 minuto en la suspensión de conidios del hongo, se decidió sumergir a las larvas en este caso, por solo 30 segundos. De esta manera, al presentarse en las dos pruebas realizadas (1½ y 2 minutos de precocimiento), niveles de mortalidad en los testigos muy por debajo del 10%, nivel máximo permisible sugerido por Batista-Alves, 1992, es posible decir con un alto nivel de seguridad, que la mortalidad aunque

baja (debido al tiempo menor de inmersión, a la dosis y a que no son cepas específicas para *D. saccharalis*), se debió única y exclusivamente al hongo adicionado.

Las pruebas de virulencia y agresividad para el tiempo de precocimiento de 2½ minutos no son presentadas en este informe, debido precisamente a que, posiblemente por efecto del frío (utilización de aire acondicionado al momento del establecimiento), se produjo un ennegrecimiento (oxidación) de una alta proporción de la población; estas larvas murieron prácticamente en su totalidad al día siguiente. Los cuadros 3 y 4, así como las figuras 4 y 5, muestran en detalle lo anteriormente descrito.

**CUADRO 3**  
VIRULENCIA (MORTALIDAD %) DE *Metarhizium anisopliae* SOBRE *Diatraea saccharalis* OBSERVADA SEGÚN TIPO DE SUSTRATO Y TIEMPO DE PRECOCIMIENTO

SUSTRATO	TIEMPO DE PRECOCIMIENTO (MIN)	
	1½	2
TEST. ABSOLUTO	8	0
TEST. RELATIVO	4	0
90:10	44	24
80:20	28	20
70:30	44	32
60:40	28	20
RECH. PRECOCIDO	28	40

CUADRO 4  
 AGRESIVIDAD (MORTALIDAD ACUMULADA) MOSTRADA POR *Metarhizium anisopliae* SOBRE *Diatraea saccharalis*  
 SEGÚN TIPO DE SUSTRATO Y TIEMPO DE PRECOCIMIENTO

SUSTRATO/FECHA	TIEMPO DE PRECOCIMIENTO							
	1:30				2:00			
	03/03/2006	06/03/2006	08/03/2006	10/03/2006	22/02/2006	24/02/2006	27/02/2003	03/03/2006
TA	0	0	0	0	1	1	1	2
TR	0	0	0	0	0	0	0	1
90:10	4	4	6	6	2	9	9	11
80:20	2	3	3	5	1	2	4	7
70:30	1	6	8	8	1	8	9	11
60:40	1	2	4	5	0	2	6	7
RECHAZO PREC.	2	6	7	10	0	3	4	7

## 5. CONCLUSIONES

- La principal conclusión que se obtiene luego de haber evaluado los resultados, es que los sustratos de menor costo, con relaciones de grano quebrado más altas, permiten alcanzar niveles de concentración de conidios por peso más elevados, por lo que tanto por peso como por cantidad de conidios, el producto final tiene costos de producción más bajos. Este resultado concuerda con los estudios realizados entre 1996 y 1998.
- Quedó claro que al incrementarse el contenido de humedad del grano, proporcionando un mayor tiempo de precocimiento, aumenta la agresividad (colonización) del hongo y por tanto, la producción de conidios es mayor.
- No se observaron diferencias importantes entre la viabilidad del hongo obtenido al comparar los resultados entre los tipos de sustrato utilizados; no obstante, se experimentó para la mayoría de tratamientos, un incremento moderado en la germinación, cuando se utilizó un tiempo de precocido de 2:00 minutos, en comparación con lo observado para los tratamientos bajo precocimiento por espacio de 1:30 minutos.
- No se observaron diferencias importantes en cuanto a la patogenicidad del hongo obtenido, sobre larvas de *Diatraea saccharalis*, según tipo de sustrato o tiempo de precocimiento.

## 6. RECOMENDACIONES

- No es necesario incurrir en costos adicionales por la compra de sustratos con porcentaje de grano entero superior al 70%, ya que esto no se traduce en un mejoramiento de la Calidad Integral; como quedó demostrado, es posible lograr excelentes resultados en productividad, utilizando sustratos aún de menor costo, como lo son el tipo 60:40 y el Rechazo Precocido.
- Es necesario mantener un estricto nivel de Control de Calidad, así como un constante y eficiente programa de mantenimiento sobre la función de las autoclaves, ya que se ha observado que aún experimentándose fallas leves en estos equipos, hongos como *Penicillium* y *Aspergillus* (principalmente el primero), pueden sobrevivir al proceso de esterilización, como se ha constatado mediante el uso de bolsas control (con precocimiento, esterilización, pero sin inoculación del hongo).
- Es importante continuar las investigaciones tendientes a evaluar la factibilidad de la suspensión del sistema de Precocido, utilizando como alternativas las técnicas de imbibición del arroz en agua o de su cocimiento directamente en las autoclaves.

## 7. LITERATURA CITADA

1. BATISTA-ALVES, S., 1992. Controle Microbiano de Insetos. Ed. Manole, Brasil. 375 p.
2. CATIE, 2002. Curso Producción y Uso de Agentes Microbianos para el Control de Plagas en Agricultura Ecológica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 163 p
3. CENICAFE, 1997. Técnicas para el Control de Calidad de Formulaciones de Hongos Entomopatógenos. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Chinchiná de Caldas, Colombia. 37 p.
4. FERNÁNDEZ-LARREA, O. 2001. Temas Interesantes acerca del Control Microbiológico de Plagas. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba. 138 p.
5. LECUONA, R. E., 1996. "Microorganismos Patógenos Empleados en el Control Microbiano de Insectos Plaga. Talleres Gráficos Mariano, Buenos Aires, Argentina. 338 p.
6. RODRIGUEZ, A. 2000. Fundamentos para la Producción y Uso de Hongos Entomopatógenos en el Control de Plagas de la Caña de Azúcar. En prensa. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Alajuela, Costa Rica. 52 p.
7. SAGARPA, 2002. Entrenamiento en Producción de Hongos Entomopatógenos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Subdirección de Control Biológico. Tecomán, Colima, México. 26 p

# LAS CHICHARRAS VERDES (*Proarna invaria*): ANTECEDENTES COMO PLAGA EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN NORTE DE COSTA RICA

Alejandro Rodríguez Morales, Carlos E. Sáenz Acosta, Daniel Alfaro Solís

Programa de Entomología, Estación Experimental  
DIECA, Grecia, Alajuela, Costa Rica. E-mail: diecana@laica.co.cr

## RESUMEN

Se detalla a continuación, una descripción de las chicharras observadas como plaga de la caña de azúcar en la Región Norte, en cuanto a su clasificación taxonómica, a sus características morfológicas, sus hábitos de vida y los antecedentes encontrados en el país. Si bien se hace referencia a la especie denominada *Proarna invaria* como la chicharra plaga en la caña de azúcar -pues en este caso hay suficientes referencias en otras partes del mundo en las cuales se les ha visto asociada al cultivo, aunque no precisamente como plaga-, aún no está totalmente claro si esta especie coexiste con el género *Pacarina*, anteriormente identificado en el cultivo en las mismas localidades. Por esta razón y siendo el objetivo principal de este análisis, la descripción del insecto en el cultivo de la caña en la Región Norte, la misma va dirigida de manera general a este fin específico; no obstante, se hacen algunas alusiones particulares para ambas especies, aprovechando importantes referencias encontradas a nivel mundial.

## INTRODUCCIÓN

### El Insecto

Las chicharras son insectos clasificados taxonómicamente dentro del orden Homóptera y la familia Cicadidae, por consiguiente, manifiestan una Metamorfosis Incompleta o Hemimetábola, en la cual, los estados larval y pupal, son sustituidos por una fase ninfal muy semejante al estado adulto; esto indica que el ciclo de vida típico de una chicharra, se compone de tres fases: el huevo, que generalmente es colocado en grupos, en el interior de la nervadura de las hojas de muchas especies de plantas, árboles y arbustos; ninfa, que generalmente se encuentra en el suelo succionando savia de las raíces; y adulto, que es volador y que se caracteriza por que los machos, frotando sus patas traseras contra una estructura torácica denominada "Timbal", producen un ruido muy característico para esta familia y que les sirve para atraer a las hembras y efectuar la copulación. Las especies citadas en este documento, poseen el timbal oculto o escondido, lo que hace que sean agrupadas

dentro del grupo *Conceded Timbal Cicadas* o Chicharras de Timbal Oculto (Walter y Moore en [www.buzz.ifas.ufl.edu/c700list.htm#Tibiceninae](http://www.buzz.ifas.ufl.edu/c700list.htm#Tibiceninae)). Asimismo, los insectos pertenecientes al orden homóptera, se caracterizan por ser insectos chupadores, tanto en su estado ninfal como en su vida adulta.

Las chicharras pueden a su vez ser agrupadas en: Chicharras Periódicas y Chicharras Anuales; las primeras, presentan ciclos de vida sumamente prolongados (hasta 17 años), pero su emergencia a la fase adulta, está muy bien sincronizada y programada en el tiempo; las segundas, donde se ubican géneros como *Proarna*, *Pacarina*, poseen ciclos de vida mucho más cortos y no perfectamente programados, si no más bien sucesivos, por lo que erróneamente se les ha denominado como "Chicharras Anuales" (Marshall, Cooley, O'Brien, 2004, en [www.ummz.lsa.umich.edu](http://www.ummz.lsa.umich.edu)).

Este documento hace referencia a los géneros *Proarna* y *Pacarina*, ya que ambos han sido encontrados frecuentemente en caña de azúcar, en las localidades de Cutris y Muelle, pertenecientes al cantón de San Carlos, Provincia de Alajuela. En primer lugar, se describió

a *Pacarina* en el año 2004, gracias a la colaboración de las entomólogas Carolina Godoy (InBio) y Ruth León (INTA)<sup>a</sup>; en segundo lugar, *Proarna invaria* fue descrita por el taxónomo Allen Sanborn<sup>b</sup>, con la colaboración del entomólogo Gregg Nuessly<sup>c</sup> en el año 2005. De estas especies, únicamente *P. invaria* ha sido asociada consistentemente a la caña de azúcar en Argentina y en Surinam (Sanborn<sup>3</sup>; Box, 1953); *Pacarina* según la entomóloga australiana Kathy Hill<sup>d</sup>, se ha observado ovipositando en tallos de hierbas muertas o muriendo y, ocasionalmente, en caña de azúcar, pero nunca en cantidades o frecuencias que pudiesen darle el carácter de plaga. Los estudios más profundos acerca de la biología y hábitos de las chicharras en Costa Rica, fueron realizados por el entomólogo Allen M. Young en 1974, quien en uno de sus artículos, (Young, 1974), describe la biología y hábitos de *Pacarina* sp, a la cual clasifica dentro del grupo de las Chicharras Verdes, que presentan un ciclo de vida de dos años.

La clasificación taxonómica según Sanborn, 1999, es la siguiente:

SUPERFAMILIA: cicadoidea

FAMILIA: cicadidae

SUBFAMILIA: Tibiceninae

TRIBU: Fidicinini

### **Ciclo, hábitos de vida de las chicharras**

Las investigaciones sobre la biología y hábitos de las chicharras en Costa Rica, son muy limitadas y prácticamente se refieren a únicamente a *Pacarina* (anteriormente señalado), durante las exploraciones realizadas en los años 70's, en el trayecto comprendido entre Esparza de Puntarenas y en Cirueñas de Miramar por Allen M. Young (Young, 1974). Como se podrá inferir, las condiciones climatológicas y de vegetación prevalientes entre esta región y la región de San Carlos donde este insecto se ha establecido como plaga, difieren radicalmente, por lo que algunos aspectos relacionados con los hábitos del insecto, como sus sitios de cópula, oviposición y alimentación, también lo hacen sustancialmente. En cuanto a su condición de plaga en la caña de azúcar, no está plenamente estudiado qué factor (es) o situación (es) motivó (aron) a la chicharra para establecerse en algunas localidades Sancarleñas; no obstante, como normalmente sucede, factores como repentinos cambios climatológicos, la degradación o eliminación gradual (o radical) de su hábitat natural, la presencia de algún hospedante no preferencial pero que le brinda subsistencia y, la ausencia o escasez de enemigos naturales en su nuevo nicho, son algunas posibles, aunque no confirmadas, explicaciones. Se hace referencia sin embargo, como se ha observado en otras latitudes, a que el insecto estando en pasturas silvestres, migra con

relativa facilidad a la caña de azúcar, donde rápidamente se multiplican (Sanborn<sup>3</sup>). Esto apoya la tesis de algunas personas en Costa Rica, quienes piensan que la eliminación de pastizales para la siembra de piña en la Región Norte del país y el constante uso de insecticidas en ese cultivo, han promovido la aparición de las chicharras como plagas de la caña (Quesada, 2004).

El hecho de reconfirmar la presencia de *Pacarina* en caña de azúcar, sería la primera ocasión a nivel mundial, que esto sucede con este género, ya que en este cultivo, han sido otros los géneros asociados: *Parnkalla muelleri* ([www.ento.csiro.au/aicn/system/c\\_1546.htm](http://www.ento.csiro.au/aicn/system/c_1546.htm)), *Cicadetta crucifera* (Hill<sup>5</sup>) y *Mogannia minuta* (Ito y Nagamine, 1978), las primeras dos en Australia y la tercera en la isla de Okinawa, Japón. Sobre la asociación *Proarna invaria* con caña de azúcar, únicamente se ha descrito en Argentina y no precisamente con referencia a esta especie, aunque sí al género (Sanborn<sup>3</sup>).

Acerca de la longevidad del insecto, al estar estas chicharras agrupadas como Chicharras de Timbal Oculto y al ser además *Pacarina*, un género descrito como dentro del grupo de las Chicharras Verdes, su ciclo de vida debe de ser de dos años; no obstante, al estar la emergencia de los adultos no sincronizada, sino más bien fraccionada en varias picos generacionales (se desconoce su número), esto hace creer erróneamente, que se trata de un insecto de ciclo anual.

El ciclo vital de las chicharras observadas en caña de azúcar, es el siguiente: la hembra adulta que ha quedado fértil, introduce su ovipositor en el interior de la vena central de las hojas desde su envés, depositando en cada postura, entre 5 y 15 huevecillos alineados; estos huevecillos presentan una coloración blanca-cremosa, además, son alargados y de cerca de 1mm de longitud. Varios días después y como consecuencia de la herida realizada durante la oviposición, algunos hongos y bacterias saprofitas se desarrollan en esa región, dándole una coloración rojiza muy característica y muy fácilmente apreciable desde el haz de la hoja. (Fig. 1. A.). A partir de estos huevos posteriormente emergen pequeñas ninfas que arriban al suelo y se entierran, buscando raíces succulentas para extraer de ellas su savia y minerales, que son su alimento, esto gracias a la inserción del estilete (Fig. 1. B.). Al alcanzar su desarrollo máximo, la ninfas se transforman en adultos (no se tiene referencia del número de estadíos) alcanzan entre 3 y 3½ cm. de longitud y cerca de 1½ de ancho; de la emergencia del adulto queda como evidencia la última muda, la cual puede observarse sobre el suelo, muy cerca del orificio de salida de la ninfas (Figs. 1. C y D.) o, adherida a las hojas y tallos de la caña o de algunas otras especies de plantas poáceas. Aunque no se ha detallado la longevidad del adulto, esta podría ser cercana al mes, dado que la única función de este estado, es la cópula y la oviposición.

De las apreciaciones que han sido realizadas por parte de DIECA en los últimos 4 años, se ha podido comprobar que este insecto como plaga, puede interferir con el normal crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar, principalmente debido al secuestro por parte de las ninfas, de agua, minerales y fotosintatos, necesarios para la planta y que se translocan, los primeros, hacia la parte aérea y, los segundos, hacia las raíces. Como consecuencia de la alimentación de las ninfas, las plantas crecen más lentamente, las hojas se tornan cloróticas, sobre todo en el tercio superior de la planta, pudiendo llegar incluso quemarse (necrosarse) sus puntas o tornarse no funcionales (senescentes) prematuramente.

No se ha encontrado ninguna referencia bibliográfica que mencione las pérdidas agroindustriales que podría generar este insecto; no obstante, en algunos focos muy localizados ubicados en la localidad de Corazón de Jesús (Cantón de San Carlos), ha habido evidencias (según informes no confirmados plenamente), de decrecimientos considerables en la productividad del cultivo. Algunas personas han asegurado que por el efecto de la plaga, han perdido €2.8 millones en 8 hectáreas por el efecto de la plaga (Quesada, 2004).

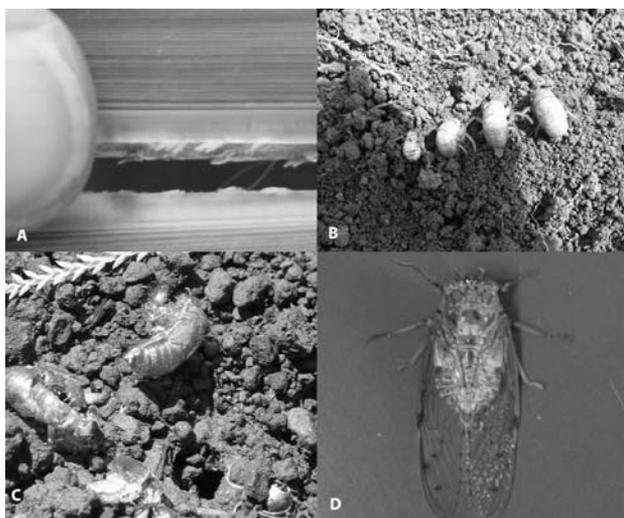


Fig. 1. Chicharras: Oviposición en la vena central y coloración rojiza que adquiere la zona adyacente (A), diferentes estadios ninfales encontrados simultáneamente (B), orificio de salida del último estadio ninfal y su muda (C), adulto de chicharra (D).

### Antecedentes en caña de azúcar en Costa Rica

El primer informe que menciona la aparición de la chicharra en poblaciones apreciables y afectando al cultivo de la caña de azúcar, data de hace aproximadamente 14 años (inicios de la década de los 90's), cuando en la localidad de Peje Viejo (San Carlos), apareció un foco

importante en una finca perteneciente al ingenio Quebrada Azul, según informes aportados por el Señor Ronald Berrocal, actual funcionario del Departamento Agrícola de dicho ingenio. De esta experiencia no se tienen más datos.

Posteriormente, en la localidad de Altamira (San Carlos), en mayo del año 2001, apareció un foco importante de la plaga en los lotes denominados "lote 50" y "lote 100", pertenecientes a la Finca La Fama; este reporte lo dio el Señor Juan Rafael Núñez, encargado de esa finca en ese momento (DIECA, 2001). Por tal motivo, el día 18 de mayo, parte del personal de DIECA visitó la zona, constatando que dicho ataque consistía de focos de adultos en tareas de oviposición y que dicha actividad se efectuaba en la vena central de la hoja; además, se pudo observar que en la zona de inserción del estilete, se presentaba una coloración amarillenta (clorosis). Asimismo se observó en esa ocasión, pero de manera generalizada, una gran cantidad de ninfas del insecto en el perfil del suelo, a profundidades de entre 5 Y 20cm. Se procedió en esa ocasión, a cuantificar su población mediante seis estaciones de muestreo de un metro cuadrado cada una, encontrándose sorpresivamente, la presencia de una gran cantidad de ninfas parasitadas por el hongo Ascomicete, *Cordyceps* sp (Fig. 2), según la opinión del entomólogo Eduardo Hidalgo<sup>1</sup>.



Fig. 2. *Cordyceps* sp, parasitando una ninfa de chicharra. Finca La Fama, Altamira de San Carlos, año 2001.

El cuadro 1 muestra la cantidad de ninfas encontrada viva y parasitada por *Cordyceps* sp, en 6 estaciones de 1m<sup>2</sup> cada una, a una profundidad de 30cm.

Como se puede apreciar, el parasitismo natural con *Cordyceps* sp al momento del monitoreo, permitió un excelente control sobre la plaga, por lo que se recomendó (según la opinión del Dr. Arthur Mendonça, qdDg), que en el caso de que se presentaran nuevos ataques en otros sitios donde no fuera evidente una epizootia natural, se recolectara hongo, se macerara en agua limpia

CUADRO 1  
Población de ninfas de chicharra y nivel de parasitismo natural encontrado por *Cordyceps* sp. Finca la Fama, Mayo 2001

LOTE	50			100		
	1	2	3	4	5	6
ESTACION	1	2	3	4	5	6
VIVAS	1	1	6	9	4	0
PARASITADAS	4	10	5	0	11	7
TOTAL	5	11	11	9	15	7
<b>PARASITISMO (%)</b>	<b>80</b>	<b>91</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>73</b>	<b>100</b>

y posteriormente, se aplicara (el macerado) al suelo, a manera de "drench"; esta técnica artesanal, es también descrita por Batista-Alves, 1992).

Se observó además al momento de la visita, que la implementación de trampas de luz del tipo "estañón", ubicadas en distintos puntos de la finca, permitía la captura de grandes cantidades de chicharras adultas, así como de abejas identificados posteriormente por la entomóloga Ruth León<sup>2</sup>, como pertenecientes a la especie *Phyllophaga valeriana*, que es poco frecuente en el cultivo de la caña en esta región.

Luego de esto, no hubo más reportes de ataque de la chicharra, hasta el año 2004, cuando durante la segunda quincena del mes de agosto, se realizó un diagnóstico de la incidencia y el daño provocado por las diferentes plagas que afectan el cultivo en la Región Norte. Este diagnóstico que comprendió un área cercana a las 1.557 hectáreas, dos cantones (San Carlos y Los Chiles), 6 distritos y 35 localidades, permitió reconocer a las chicharras, como un insecto con una amplia distribución en la zona evaluada, encontrándose en 31 de las 96 fincas visitadas (32,3%), según lo muestra la figura 3. No obstante a su gran distribución, únicamente se encontraron poblaciones y daño importantes; en dos fincas de la localidad de Corazón de Jesús y población y daño moderado en las localidades de San Francisco (La Palmera) y Boca Arenal (DIECA, 2004).

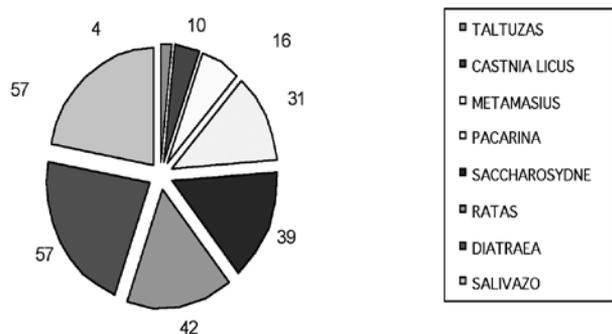


Fig. 3. Número de reportes de plagas de los cantones de San Carlos y Los Chiles. Agosto 2004.

Es importante señalar que este diagnóstico no abarcó las fincas Rojas-Kooper y Coopevictoria (San Josecito), donde el insecto según observaciones previas, se encontraba presente.

## NECESIDAD DE IMPLEMENTAR EL MIP CHICHARRA

La chicharra es un organismo aun poco conocido como plaga en el cultivo de la caña de azúcar, por lo que las actividades que se proponen para su manejo, deben ir no solo dirigidas a la búsqueda de alternativas y estrategias inmediatas de control, sino que también a desarrollar proyectos de investigación tendientes a determinar aspectos como la dinámica poblacional y dentro de esto, determinar los factores que favorecen el desarrollo de las poblaciones de insectos hasta considerarse como plagas.

En este sentido, el objetivo principal del programa que se propone es:

*"Promover y facilitar el control Integral de la chicharra, informando sobre las características del insecto y el tipo de daño que provoca y, proporcionando la capacitación necesaria para implementar las estrategias de prevención, monitoreo y control, necesarias y adecuadas, según sea el caso".*

Otros objetivos importantes asociados al principal son:

- Diagnosticar con profundidad el estado actual de la plaga en cuanto a sus distribución, intensidad y frecuencia, iniciando con las áreas que han manifestado anteriormente poblaciones importantes y continuando con otras áreas en donde se sospecha haya podido establecerse.
- Motivar al productor a utilizar constantemente las herramientas de prevención, monitoreo y control temprano que se conocen, tales como: preparación del terreno, trampeo masivo, eliminación de malezas hospederas y uso de insecticidas de bajo espectro de acción (específicos).
- Evaluar nuevas estrategias de control con base en alternativas biológicas como hongos, bacterias y nemátodos; así como detallar la dinámica poblacional del insecto y la capacidad de daño que puede provocar, tanto en el ámbito agronómico como industrial. Sobre esto, Oviedo, 2004, ha encontrado diferentes varios hongos y bacterias asociados al estadio ninfal, con un alto potencial de control; además, se ha podido encontrar una gran cantidad

de familias de insectos asociados, algunas de ellas incluyendo géneros de insectos benéficos.

- Mantener un programa constante de actualización al productor acerca de los resultados de las investigaciones y resultados que pudiesen constituirse como estrategias funcionales y económicas para el control del insecto.

## NOTAS

- 1 Comunicación Personal, 2004. Departamento de Protección de Cultivos, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). San José, Costa Rica. rleongcr@yahoo.com
- 2 Comunicación Personal, Agosto de 2005. Barry University. Florida State, United States of America. asanborn@mail.barry.edu
- 3 Comunicación Personal. Setiembre de 2005. IFAS, University of Florida. Florida State, United States of America. gsn@ifas.ufl.edu
- 4 Comunicación Personal. Junio 2005. cicada900@yahoo.com.au

## LITERATURA CITADA

- BATISTA-ALVES, S., 1992. Controle Microbiano de Insetos. Ed. Manole, Brasil. 375p.
- BOX, H.E. 1953. List of Sugar-cane Insects. Commonwealth Institute of Entomology. London. 38p.
- DIECA. 2001. Informa Anual de Labores. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Grecia, Alajuela.
- DIECA. 2004. Diagnóstico de Distribución de las Plagas de la Caña de Azúcar en los cantones de Los Chiles y San Carlos. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Grecia, Alajuela. 29p.
- INGRAM, R.J.; RECSEI, J.2005. Yellow Sugarcane Cicada *Parnkalla muel-leri* (Distant) (en línea). Departamento of Agriculture, Fisheries and Forestry. CSIRO. Australian Government. Consultado en [http://www.ento.csiro.au/aicn/system/c\\_1546.htm](http://www.ento.csiro.au/aicn/system/c_1546.htm)
- ITO, Y.; NAGAMINE, M. 1978. Distribution of *Mogannia minuta* Matsumura (HOMOPTERA:CICADIDAE) in the Island of Okinawa: Expansion of Distribution Range During Five Years. Res. Popul. Ecol. (1978) 19, 141-147.
- QUESADA, G. 2004. Plagas dejan pérdidas a Cañeros. San Carlos Al Día. Setiembre de 2004. p.4.
- MARSHALL, D.; COOLEY, J.; O'BRIEN, M. de 2006. Periodical Cicada Page (en línea). University of Michigan, Museum of Zoology, Michigan State., United States of América. Consultado el 5 de julio de 2006. Disponible en <http://www.ummz.lsa.umich.edu/magicicada/Periodical/Index/html>
- SANBORN, A.F. 1999. Cicada (HOMOPTERA:CICADOIDEA) Type Materials in the Collections of the American Museum of Natural History , California Academy of Sciences, Snow Entomological Museum, Staten Island Institute of Arts and Sciences and the United States National Museum. Florida Entomologist 82 (1): 34-60.
- WALKER, T.J.; MOORE, T.E. de 2006. The Singing Insects of North America (en línea). IFAS, University of Florida, Florida State., United States of America, USA. Consultado el 5 de Julio de 2006. Disponible en <http://www.buzz.ifas.ufl.edu/c700listhtm#Tibiceninae>
- YOUNG, A.M. 1974. The Population Biology of Neotropical Cicadas. III. Behavioral Natural History of Pacarina in Costa Rican grasslands. Entomology News, 85: 7-8:239-256.

# ANOTACIONES SOBRE LA BIOLOGÍA, DAÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA LANGOSTA VOLADORA *SCHISTOCERCA* SPP (ORT: ACRIDIDAE) EN LA REGIÓN DEL PACÍFICO SECO DURANTE EL AÑO 2003.

Alejandro Rodríguez M.<sup>a</sup>, Daniel Alfaro S.<sup>1</sup>  
Manuel Rodríguez R.<sup>b</sup>.  
E-mail: diecana@laica.co.cr

## RESUMEN

Se presenta a continuación, una descripción de la biología y daños provocados por el Complejo de Langostas en el cultivo de la Caña de Azúcar, así como una breve reseña de su distribución y actividades de control observadas durante el mes de agosto del año 2003, en varias localidades de la zona. El documento muestra aspectos importantes del manejo del cultivo y de la plaga, que no se toman en cuenta y que propician el desarrollo de poblaciones importantes que generan daño. Las observaciones más importantes fueron: a). haber encontrado en los sitios visitados, la presencia de un complejo de tres especies de langostas, *S. piceifrons*, *S. pallens* y *S. nitens*; b). un manejo no adecuado del cultivo, principalmente en lo que respecta al control de malezas y a la antigüedad de los cañales y c). La presencia combinada de *Mocis latipes* (LEP:NOCTUIDAE), provocando un daño similar a la langosta, lo cual implicó un mayor daño al cultivo y un nivel de alarma mayor por parte de algunos productores. Esto provocó en cierta medida, la utilización de insecticidas de amplio espectro de acción y de alta toxicidad.

## 1. BIOLOGÍA DEL INSECTO

El género *Schistocerca* es el principal género de langostas presentes en el Nuevo Mundo. Su ubicación taxonómica es la siguiente (Saunders, *et al.*, 1983):

ORDEN: ORTOPTERA  
FAMILIA: ACRIDIDAE  
SUBFAMILIA: CYRTACANTHACRIDINAE

Una de sus más insignes características es su aptitud para gregarizar y provocar infestaciones de gran magnitud; en un momento dado, tienden a migrar en bandadas o "mangas" de miles de insectos, las cuales al aterrizar, tiende a generar graves daños en muchos cultivos agrícolas como el maíz, el sorgo, el arroz, el frijol (Saunders *et al.*, 1998). En la caña de azúcar, se reporta prácticamente en todo el continente americano, ubicándose las siguientes especies: a) Costa Rica: *S. pallens*, *S. nitens*, *S. piceifrons* y *S. centralis* (Cabrera, año

no especificado); b). México: *S. pallens*, *S. paranensis*, *Taeniopoda auricornis* y *T. mexicanus* (Flores, 1994); Venezuela: *S. pallens*, *S. paranensis*, *S. impleta* y *Tropidadrus latrellei* (Guagliumi, 1962).

Su ciclo de vida pasa por dos fases: la Fase Sedentaria y la Fase Migratoria. En la primera fase, los insectos llevan una vida sedentaria y no hacen migraciones, sin embargo, la situación tiende a cambiar cuando instintivamente agrupan y excitan hasta alzar vuelo, pasando a su fase migratoria (Flores, 1994). La hembra fértil para el caso de *S. piceifrons*, hace un hueco en el suelo y oviposita grupos de 50-100 huevos, los cuales quedan aislados del exterior, mediante la inoculación de una sustancia espumosa que sella la entrada; su maduración transcurre en un período de 18 a 35 días. La ninfa pasa por seis estadíos, lo que demora entre 44 a 60 días; durante esta fase, el insecto puede entrar en un estado de diapausa en la época seca, lo cual le impide continuar su desarrollo. El adulto vive entre 60 y 180 días, según las condiciones del lugar (Saunders, *et al.* 1998).

## 2. METODOLOGÍA DEL DIAGNÓSTICO

Con la colaboración de los Señores Ingenieros Manuel Rodríguez Rodríguez (Coordinador DIECA, Filadelfia), Marlon Bolaños (Oficina de Vigilancia Fitosanitaria, MAG Liberia) y del Técnico Medio Daniel Alfaro Solís (DIECA, ENTOMOLOGÍA), se realizó una visita a los sitios reportados como afectados por el insecto. Los sitios seleccionados se ubicaron en varias localidades de la provincia de Guanacaste, específicamente en los distritos de de Belén y de Filadelfia, ambos pertenecientes al cantón de Carrillo. Los parámetros observados fueron los siguientes: especies encontradas, población del insecto, nivel de daño al cultivo y el estado general del mismo y las actividades de control de la plaga que se habían o estaban llevándose a cabo. El recorrido permitió observar un total 490 hectáreas y se centralizó en el área que según varios reportes, manifestaba las poblaciones más importantes. El cuadro 1 muestra en detalle las fincas visitadas.

## 3. OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal fue el de evaluar el grado de severidad y en general, el efecto del insecto plaga conocido como “Langosta Voladora” sobre el cultivo de la caña de azúcar, en las localidades reportadas como severamente afectadas por la Langosta Voladora. El estudio comprendió además, identificar las alternativas de control que se han utilizado y que podrían también implementarse.

## 4. RESULTADOS

Dentro de las observaciones más importantes se destacan las siguientes:

### 4.1. ESPECIES

Se observaron dos especies predominantes: *Schistocerca piceifrons* (WALKER 1870) y *Schistocerca pallens* (THUNBERG). Se pudo observar a *Schistocerca nitens* (THUNBERG) aunque en menor grado (Fig. 1). La identificación fue realizada *in situ* por el ingeniero Marlos Bolaños<sup>c</sup> quien cuenta con una amplia experiencia en taxonomía de Acrididos.



Fig. 1. *Schistocerca piceifrons* (arriba) y *S. pallens* (abajo).

### 4.2. POBLACIÓN Y DAÑO

De manera general se observaron niveles leves y ocasionalmente moderados de población, la cual en su gran mayoría estaba compuesta por adultos (voladores). Asimismo, se pudo constatar que lejos de estar alimentándose del cultivo, la principal actividad de los insectos

Cuadro 1  
Detalle de las fincas VISITADAS EN EL DIAGNÓSTICO DE DISTRIBUCIÓN Y DAÑO PROVOCADO  
POR la Langosta Voladora. Guanacaste. Ago. 2003

FINCA	PROPIETARIO	LOCALIDAD	DISTRITO	CANTÓN	AREA (HA)
El Malijo	José Ortega	Belén	Belén	Carrillo	40
La Pizona	Warner Guevara	Belén	Belén	Carrillo	20
Río Cañas*	Parceleros	Río Cañas	Belén	Carrillo	230
Espriella	Eduardo de la Espriella	Corralillos	Filadelfia	Carrillo	100
La Boa	Juan Arrea	Corralillo	Filadelfia	Carrillo	100
TOTAL	49	5	2	1	490

\*Corresponde a un total de 44 parceleros y un área total aproximada a las 230 hectáreas

se centraba en la búsqueda de pareja para la cópula y en la migración hacia lotes cercanos, con fines de oviposición. La caracterización del nivel poblacional resultó luego de comparar lo observado con los parámetros que la Oficina de Vigilancia Fitosanitaria utiliza para recomendar la aplicación de medidas correctivas, es decir, 5000 voladores/ha, lo que a su vez es considerado como un nivel moderado de población.

De las visitas realizadas, las poblaciones más importantes, fueron observadas en la localidad de Río Cañas, donde también pudo apreciarse en algunos puntos, ataques moderados de la plaga denominada como "Falso Medidor", *Mocis latipes* (LEP:NOCTUIDAE).

En cuanto al daño provocado al cultivo, este se consideró igualmente leve y muy localizadamente, moderado. Como dato importante se encontró que las áreas con mayores índices de daño, coincidían con "focos" de ataque del Falso Medidor, por lo que muy probablemente el efecto de la Langosta pudo haberse magnificado por esta razón. El patrón de daño observado fue siempre desde los bordes hacia el interior de los lotes, manifestándose con una mayor frecuencia sobre las variedades NCO 310 y CP 72 2086; esta situación a su vez pareciera deberse a la preferencia del insecto, sin embargo, al ser dichas variedades dos de las más utilizadas en la región, hacen un tanto riesgosa esta aseveración.

Finalmente se observó un grado de daño superior en la localidad de Río Cañas, no obstante, el mismo alcanzó un nivel importante únicamente en algunos puntos aislados que en total podrían abarcar unas pocas hectáreas.

Las figura 2 muestra los daños producidos por *Schistocerca spp* y *Mocis latipes*.



Fig. 2. Daño por *Schistocerca spp* (bordes angulosos), daño por *M. latipes* (bordes redondeados).

#### 4.3. MANEJO DEL CULTIVO Y PRÁCTICAS DE CONTROL EMPLEADAS

En la mayoría de las localidades visitadas se observó una relación directa entre población y daño del insecto, con el estado general del cultivo. Así pues las áreas que reportaron los índices más altos, correspondieron en su gran mayoría a parcelas o lotes muy "cepeados" (fig 3), donde el insecto abundaba en varias especies de gramíneas hospedantes preferenciales del insecto, entre ellas: "Caminadora" (*Rottboellia cochinchinensis*), "Jaragua" (*Hyparrhenia rufa*) y "Pasto Guinea" (*Panicum maximum*), lo cual concuerda con lo expuesto por Flores, 1994, acerca de los hospedantes de la langosta. Se observó además una situación muy similar en los callejones.

Otra situación que muy probablemente facilitó la manifestación del insecto como plaga fue el factor climático, ya que la región visitada había sufrido con anterioridad a nuestra visita y por espacio de varias semanas, un faltante en la precipitación, condición que favorece el crecimiento, desarrollo y potencial reproductivo del insecto. Vale la pena señalar que estas mismas condiciones (cultivo y clima) pudieron de igual forma favorecer el desarrollo de *M. latipes*.

Dentro de las actividades que se programaron en pro del control de la plaga, el control químico fue prácticamente la única estrategia utilizada. Acerca de los resultados de estas aplicaciones de insecticidas, se nos informó que los mismos habían sido exitosos cuando se utilizó Malathión o el producto denominado Sumition; no obstante, se pudo verificar en algunas localidades que algunos productores quizás preocupados por la plaga, decidieron utilizar productos de alta toxicidad como los denominados Tamaron, Lannate y Lorsban, con resultados medios de control.

#### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Habiendo valorado la situación de la plaga esta en general no amerita llevar a cabo medidas extremas de control de carácter extensivo, aunque si de carácter localizado, haciendo frente a los puntos con mayores poblaciones, asimismo es muy aconsejable recomendar a los productores mantener un buen nivel de monitoreo.
- Para utilizar el control químico y que este resulte ser eficiente, económico y de bajo impacto ambiental, debe insistirse entre los productores



Fig. 3. Situación de cultivo que favorece el desarrollo de *Schistocerca spp*

que estas medidas de control deben de llevarse a cabo sobre estadíos juveniles, los cuales son más susceptibles y además utilizando aquellos recomendados y probados por la Oficina de Vigilancia Fitosanitaria del MAG.

- Es claro que los factores de manejo de cultivo y de clima inciden directamente sobre el desarrollo de las poblaciones de la Langosta, por tanto, es de suma importancia que el agricultor conozca cuáles de ellos le favorecen y cuáles le desfavorecen.
- Es importante retomar los estudios de evaluación de las opciones de control alternativo, principalmente las del tipo biológico con hongos entomopatógenos, ya existen experiencias muy positivas de su aplicación en otras latitudes en donde la plaga es de primer orden.
- Se requiere además intensificar los programas de capacitación para la implementación del Manejo

Integrado de la Langosta, esto por medio de charlas, cursos y material escrito; con esto se esperaría una menor dependencia al uso del control químico. Sobre este aspecto hemos recibido de manera extraoficial el apoyo de la Oficina de Protección Fitosanitaria de MAG, Liberia, en la persona del ingeniero Marlos Bolaños.

- Finalmente dado el carácter regional y al comportamiento migratorio de este insecto, se considera de suma importancia involucrar a otras instituciones y dependencias tanto estatales como privadas de la zona, en la participación de una campaña de prevención y control de la plaga.

## LITERATURA CITADA

1. CABRERA, O.A. Algunas Características Taxonómicas para Distinguir ciertas Subfamilias de Acridoideos Colectados en Nicaragua y Algunos otros Países Miembros del OIRSA. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA).
2. FLORES, S. 1994. Las Plagas de la Caña de Azúcar en México. Servicios Gráficos Orel. 1ed. 350p.
3. GUAGLIUMI, P. 1962. Las Plagas de la Caña de Azúcar en Venezuela. Centro de Investigaciones Agronómicas. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. Tomo I. 482p.
4. SAUNDERS, J.L.; KING, A.B.S; VARGAS, C.L. 1983. Plagas de Cultivos en América Central. Una lista de referencia. Centro de Agronomía Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 90p.
5. SAUNDERS, J.L.; COTO, D.T.; KING, A.B.S. 1998. Plagas Invertebradas de los Cultivos Anuales Alimenticios en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba Costa Rica. 305p.

## NOTAS

- a Programa Entomología, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Estación Experimental DIECA. Grecia, Costa Rica.
- b Coordinador región del Pacífico Norte, área de influencia Liberia y Carrillo, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar DIECA.
- c Funcionario en ese entonces del Servicio Fitosanitario del Estado, Ministerio de Agricultura. Sede Liberia, Guanacaste.

## MÉTODOS DE CONTROL DE PLAGAS EN LA CAÑA DE AZÚCAR APLICANDO PRINCIPIOS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.

Carlos Saéñz A.; José Daniel Salazar B.;  
Alejandro Rodríguez M.; Daniel Alfaro S.; Rodrigo Oviedo A.  
Programa de Entomología, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar.  
Estación Experimental DIECA, Grecia. E-mail: diecana@laica.co.cr

### RESUMEN

En Costa Rica, para procurar controlar y contrarrestar el impacto negativo productivo y económico provocado por las plagas en el cultivo de la caña de azúcar, utilizamos estrategias y métodos de control de carácter biológico. Gracias a este método, y bajo los principios de producción más limpia, las 52.000 hectáreas de caña de azúcar cultivadas actualmente en Costa Rica, han mejorado sus productividades notoriamente sin llegar a degradar el ecosistema. En este trabajo, están implícitas las actividades de 24 años de existencia y acción de DIECA, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, relacionadas con la entomología, en Costa Rica. Dando siempre el lugar que se merece, la importancia del Manejo Integrado de Plagas, en sustitución de los métodos tradicionales y degradantes utilizados, serán expuestas las innovaciones implementadas, relativamente en el control de taladradores del género *Diatraea*; del salivazo *Aeneolamia spp* y *Prosapia spp*; de los gusanos desfoliadores *Spodoptera frugiperda* y *Mocis latipes*; del taladrador menor *Elasmopalpus lignosellius*; del taladrador gigante *Castnia licus*; el picudo *Metamasius hemipterus*; los chapulines *Shistocerca sp*; jobotos *Phyllophaga spp*; Salta hojas antillano *Saccharosydne saccharivora*, en Guanacaste en el año 2002 la aparición de la chinche de encaje; en San Carlos, la aparición de la chicharra, *Proarna invaria*. Además otras plagas de menor importancia económica.

### INTRODUCCIÓN

En el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica ya no se encuentra limitada. Los nuevos cultivos obtenidos por programas de mejoramiento, la utilización de control biológico de plagas han aumentado significativamente la productividad.

En este cultivo encontramos plagas de diversas condiciones climáticas, desde el nivel del mar, hasta alturas aproximadas a 1.800 msnm, con temperaturas que varían entre los 15°C a 38°C, y se presenta en diferentes tipos de condiciones y características de suelo.

### SALIVAZO DE LA RAÍZ DE LA CAÑA DE AZÚCAR *Prosapia simulans*, *Prosapia distante*, *Delassor notatus*, *Prosapia bicinta*, *Zulia vilior costarricense* y *Aeneolamia postica*.

En Costa Rica, en la zona cañera, se reporta en el año de 1984 los primeros ataques en Juan Viñas, Cartago, del salivazo de raíz *Prosapia simulans*, *Prosapia distante*, *Delassor notatus* en una altitud entre 850 a 1.200 msnm con variedades cosechadas de 18-24 meses de cosecha.

En la zona del Pacífico, Guanacaste (Cañas y Filadelfia), Puntarenas encontramos *Prosapia bicinta*, *Zulia vilior costarricense* y *Aeneolamia postica*.

La distribución de estos Cercópodos fue por la acción de sus propios vuelos ayudados por los fuertes vientos, principalmente en los períodos de luna llena cuando son más comunes los vuelos de distribución, a través del tráfico de vehículos entre los cañaverales infestados para otros sin infestación.

En la zona Atlántica, Alajuela (San Carlos) la aparición del salivazo fue por motivo de la sustitución de las fincas de ganado por plantaciones de cítricos correspondientes a 5.500 hectáreas, donde los ataques en la caña de azúcar fueron más severos en las especies *Prosapia bicinta*, *Aeneolamia postica*, *Prosapia simulans* y *Zulia vilior costarricense* (Sáenz 1984, 1986, 1987).

En los últimos años el cambio del clima ha hecho que los ataques de salivazo ocasionen bajas en el tonelaje y consecuentemente una disminución de ganancias debido a la relevancia especialmente en regiones de temperaturas y humedades elevadas, y el cambio para la cosecha en verde en el 62% del área cultivada de Costa Rica donde se están tomando medidas para el manejo integrado. Los daños ocasionados por el adulto, que tiene un aparato bucal; picador sugador (*rostrum* y *labrum*) succionan la savia de las células de la extremidad del parénquima perforado de la hoja, penetrando los estiletes bucales, a través de las estomas, donde se concentran grandes cantidades de los cloroplastos, formando también ahí la base salivar, inyectando toxinas, causando en consecuencias efectos directos de la reducción de la fotosíntesis (Withycombe 1926).

Pueden succionar durante el día y la noche y generalmente aprovechan los largos períodos de copulación para también succionar la savia de las hojas. La reducción del área fotosintética causa serios daños en la caña de azúcar, retardando la maduración, atrofiamiento de los entrenudos y reduciendo la acumulación de sacarosa en el tallo, con grandes repercusiones en la calidad del jugo y consecuentemente en la caída de los rendimientos agrícolas e industriales y aumentando el contenido de fibra.

Aún con los datos de Marqués en 1981 demostrando una infestación mediana de salivazo de 0,65 adultos/tallo y 3,75 ninfas/tallo, ocurrió una reducción de 11,6% en la producción agrícola y 16,1% en el rendimiento industrial, este nivel de infestación no deberá ser tomado como nivel de control.

Otra estimación de daños ocasionados por la plaga, consiste en la determinación del daño foliar ocasionado por el salivazo, la cual consiste en clasificar el daño de acuerdo al área foliar dañada dentro de una escala que va desde 0 a 100 en categorías de un 20%. Catalogándose el cañaveral como sano, con daño leve, moderado, medio, alto y severo. La estimación de las pérdidas (toneladas de caña/ha.) se realizó utilizando el modelo matemático  $Y = 2,468693 - 0,31179 X + 0,003007 X^2$  con  $R^2 = 0,99$  (Badilla *et al* 1997).

En Nicaragua, Ingenio San Antonio, el ataque de la plaga comúnmente conocida como (salivita), ***Aeneolamia varia***, en la época de invierno puede causar pérdidas hasta de 30 toneladas/ha. (Lacayo y Badilla 2001).

En Costa Rica, se ha incrementado la cosecha en verde, dependiendo de la zona en cuestión en lo que se refiere al ciclo de vida del salivazo y en cuanto a sus características, la población de la plaga puede presentar de 3 a 5 picos anuales. Las ninfas y los adultos liberan una saliva, rica en enzimas y aminoácidos y auxilian al insecto en el proceso de la ingestión del alimento. En el tanto, son tóxicas para la planta, causando necrosis en los tejidos foliares y radiculares (Fewkes 1969).

Los adultos ovipositan en la base de la cepa. Al eclosionar los huevos las ninfas se fijan en las raicillas o raíces de la caña de azúcar, donde permanecen durante todo sus estadios ninfales, pasando por cinco instares, durante 30 a 40 días.

En este período, ellas permanecen recubiertas por esa espesa espuma blanca, secretadas por las glándulas de Bartoli, que se abren en el abdomen (Zucchi *et al* 1993).

## CONTROL ETOLÓGICO

El efecto de trampas amarillas adhesivas (550 manómetros de longitud de ondas) para la captura de adultos implementada desde 1991 a 2205, totalizando 497.050 trampas y cubriendo un área de 9.737 ha y capturando 1.346.621 adultos (Cuadro N° 1).

El número de trampas a ser utilizado es directamente proporcional al nivel de la población, de la siguiente manera:

Nivel (adulto/tallo)	0,2	0,4	0,6	1,0	1,2	1,4	16
N° trampas	25	50	75	100	125	150	200

En plantaciones que han demostrado el apareamiento de la plaga es recomendable estimar la población de huevos con la finalidad de predecir el nivel de infestación de ninfas y de adultos esperados para el próximo invierno. Si la población ultrapasa umbrales económicos de 200.000 huevos/ha, deben ser adoptadas las medidas preventivas de control indicadas. Como el manejo de prácticas culturales y renovación del cultivo.

## PRÁCTICAS CULTURALES

En cañaverales que tienen histórico de ataque fuerte, se recomienda la quema y requema para llevar a cabo la renovación de plantaciones utilizando rastras cruzadas.

El objetivo es exponer los huevos diapáusicos a la radiación solar y a los enemigos naturales. Si los lotes se presentan con alta humedad se recomienda trazar canales para drenar, pues la condición es ideal para la multiplicación de los Cercópodos.

CUADRO 1

Adultos de *Aeneolamia* spp y *Prosapia* spp Usando el Control Etológico en Regiones Cañeras de Julio 1991 a Julio 2005

AÑO	Nº DE TRAMPAS	HECTÁREAS	ADULTOS
1991	30.000	810	7.312.680
1992	28.000	622	6.829.560
1993	33.600	746	8.164.800
1994	32.600	705	10.123.015
1995	31.500	715	12.253.500
1996	32.200	644	11.238.000
1997	35.700	714	12.495.000
1998	29.300	740	13.048.000
1999	42.400	826	15.209.000
2000	38.200	693	12.150.000
2001	27.600	605	6.329.000
2002	25.100	511	5.258.800
2003	23.000	460	4.932.800
2004	24.150	990	5.328.000
2005	25.700	457	4.125.000
TOTAL	459.050	10.238	134.797.155

Los lotes que se observa con poblaciones de ninfas, lo ideal es usar un arado de disco, que contribuye para acumular tierra en la cepa y una pasada haciendo la desaporca hace que los poblaciones de ninfas se reduzcan.

## CONTROL BIOLÓGICO

La utilización de hongos del género *Deuteromyco-*  
*tina* (*hiphomyctes: moniliaceae*) *Metarhiziumanisopliae*  
(*Metsch*) *Sorokin*.

Los primeros reportes de uso en la agronomía fueron realizados por el italiano Agustino Basi, quien demostró que el hongo *Beauveria bassiana* era el causante de la enfermedad llamada "muscardina" y que afectaba a la larva del gusano de la seda, y además el investigador ruso Metschnikoff, que en 1879 demostró la infección del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* en el abejón *Anisopliae austriaca*. Los hongos y las bacterias entomopatógenas son quizás los que han acumulado a la fecha la mayor cantidad de experiencias positivas, sin embargo, los primeros exhiben un potencial; Batista Alves (1986), reporta un total de 90 géneros que incluyen cerca de 700 especies de hongos entomopatógenos.

Con este panorama es necesario adecuar el plan del manejo integrado MIP para desarrollar una estrategia más eficiente, rentable y sostenible en el tiempo. En ese sentido se integró el sistema de uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (*Metsch*) *Sorok*, el cual se utiliza con gran éxito en algunos países del continente americano, Brasil, Colombia, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Panamá, Costa Rica y México. Adicionalmente

el uso de *Metarhizium anisopliae* cumplía con los requerimientos estipulados, principalmente por tener una permanencia mucho más prolongada en el ambiente y ser un producto económicamente muy competitivo con respecto a otros defensivos, lo que le otorga su principal fortaleza. (Rodríguez 2002).

DIECA de esta forma con la visión de varios funcionarios y directivos y con el apoyo de la *Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*, logra fundar el programa de producción de hongos entomopatógenos (PHE) en el año 1989.

En Costa Rica por primera vez en 1996 se registra en el Ministerio de Agricultura los productos biológicos METADIECA (*M.anisopliae*) y BEAUVEDIECA (*B.bassiana*).

Con logros importantes se registra un aplicación de METADIECA acumulada para el período de 1989 a 2005 de 327.203 kg de hongo más sustrato, cubriendo un área máxima de 68.167.4 ha., y su parasitismo promedio fue de 57,4% (Figura N° 1) utilizando una dosis de 2,5 a 5X10<sup>12</sup>

conidios/ha. Las aplicaciones se realizaron a partir de las cuatro de la tarde con bomba espalda, bomba motor, cañones incorporados a los tres puntos de los tractores, aviones agrícolas, helicópteros en las aplicaciones líquidas y también aplicaciones en presentaciones a granel. Con este programa se protegió el apareamiento de los enemigos naturales especialmente de las mosca *Salpingogaster nigra* (Diptera, Syrphidae) y arañas, escorpiones, hormigas, aves (golondrinas), y el apareamiento de ninfas y adultos de salivazo muertos por otros hongos nativos *Batkoa sp* (*cit.er.: Entomophthora sp. : Zophthor sp = Empusa sp*) (*Zigomicetes, Entomophthoraceae*). Causando las mayores epizootias en los meses de setiembre y noviembre.

El barrenador de la caña de azúcar del género *Diatraea spp* (*Lepidoptera: Crambidae*) se presenta con una distribución bastante generalizada en todo el continente americano.

Las larvas ocasionan un daño provocado por el barrenador sobre tallos jóvenes de 2 a 4 meses. Se conoce con el nombre de "corazón muerto o muerte apical". En plantaciones de más de cuatro meses las larvas hacen galerías internas por donde más tarde se desarrolla una infección denominada "pudrición roja", causado por los hongos *Fusarium muniforme* y *Colletotrichum falcatum*, los cuales participan en la inversión de la sacarosa. Producto de la fermentación que se produce durante este proceso, es posible que se presente la infestación con otras plagas de insectos tales como el picudo de la caña: *Metamasius hemipterus* (*Col: Curculionidae*).

En Costa Rica, las regiones presentan gran diversidad de condiciones climáticas y edáficas, cultivándose

CUADRO N° 2

PRODUCCIÓN ANUAL HISTÓRICA DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS Y SU COBERTURA IMPLICADA. PERÍODO 1989-2005

AÑO	HONGO + SUSTRATO (Kg)	BOLSAS (400g)	ACUMULADO	COBERTURA* (Ha.)	RELATIVO ANUAL (%)	PARASITISMO ** (%)
1989	2.106,6	5.266,5	2.106,6	438,9	0,6	ND
1990	5.801,2	14.503,0	7.907,8	1.208,6	1,8	19,1
1991	10.998,5	27.496,3	18.906,3	2.291,4	3,4	23,3
1992	13.654,1	34.135,3	32.560,4	2.844,6	4,2	ND
1993	10.290,7	25.726,8	42.851,1	2.143,9	3,1	10,7
1994	7.284,4	18.211,0	50.135,5	1.517,6	2,2	63,1
1995	9.028,0	22.570,0	59.163,5	1.880,8	2,8	67,6
1996	10.804,0	27.010,0	69.967,5	2.250,8	3,3	87,1
1997	18.158,1	45.395,3	88.125,6	3.782,9	5,5	62,5
1998	22.366,0	55.915,0	110.491,6	4.659,6	6,8	59,3
1999	17.686,7	44.216,8	128.178,3	3.684,7	5,4	77,0
2000	23.698,0	59.245,0	151.876,3	4.937,1	7,2	65,0
2001	41.163,2	102.908,0	193.039,5	8.575,7	12,6	61,0
2002	40.130,0	100.325,0	233.169,5	8.360,4	12,3	67,0
2003	37.669,0	94.172,5	270.838,5	7.847,7	11,5	72,2
2004	30.694,8	76.737,0	301.533,3	6.394,8	9,4	68,3
2005	25.670,0	64.175,0	327.203,3	5.347,9	7,8	NC
PROMEDIO	19.247,3	48.118,1	-	4.009,8	-	57,4
TOTAL	327.203,3	818.008,3	-	68.167,4	100,0	

\* se refiere a dosis mínimas por hectárea (12 bolsas de 400g)

\*\* se refiere al promedio nacional sobre Salivazo

la caña de azúcar en pisos altitudinales que se van desde los 0 hasta 1.300 msnm con precipitaciones que oscilan entre los 1.500 y 3.500mm acumulados/año, gran viabilidad de las temperaturas máximas y mínimas, así como zonas con estaciones secas y lluviosas definidas mientras en otras no se encuentra un período seco de más de dos meses.

En esa diversidad de condiciones se reportan tres especies de *Diatraea* distribuidas según los pisos altitudinales de las diferentes regiones. *D. guatemalensis* (Shaus) es considerada actualmente como de mayor importancia por su

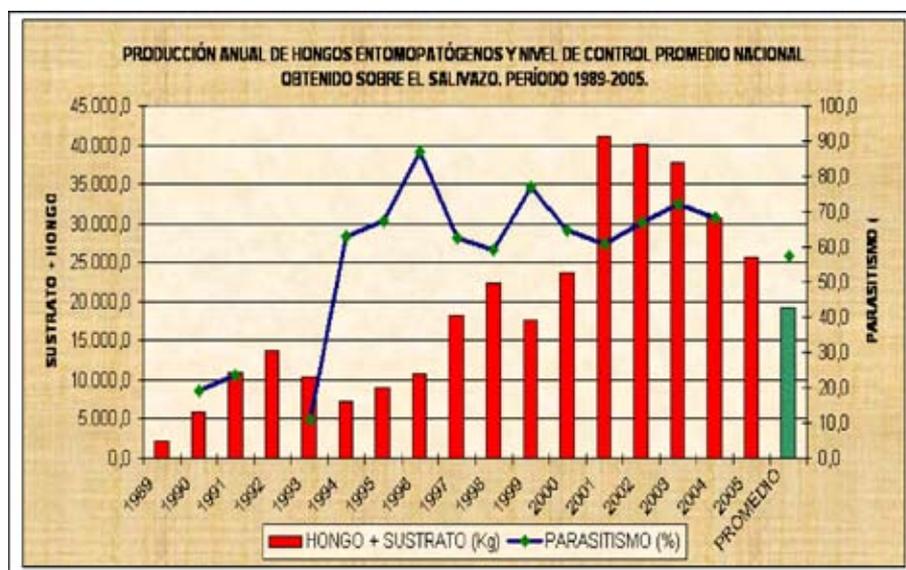


FIGURA N° 1. Barrenador común del tallo *Diatraea* spp (Lepidoptera: Crambidae)

amplia distribución en el país pudiéndose encontrar en Pés Zeledón, Valle Central, San Carlos y Guanacaste. *D. tabernilla* (Dyar) se encuentra en regiones altas de San Carlos, San Ramón, Juan Viñas; mientras que *D. saccharalis* (Fabricius) se ubica en algunas áreas del Valle Central, Pacífico Seco y San Carlos. Las primeras especies presentan un ciclo de vida de 50 y 60 días mientras que en el caso de *D. saccharalis* es aproximado a los 45 días (Salazar *et al* 2000 a).

En nuestro país en el año 1984 se inicia con el manejo integrado de *Diatraea spp* produciendo un parasitoide holometábolo específico para el género *Diatraea*.

Clase: Insecta  
Orden: Hymenóptera  
División: Endopterygota  
Super Familia: Ichneumonoidea  
Familia: Braconidae  
Sub familia: Mycrogasterinae  
Género: Cotesia  
Especie: Flavipedes (Cameron, 1981)

Estos parasitoides están registrados con el nombre comercial de COTEDIECA en el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, Dirección de Fitoprotección Sanitaria, de conformidad con la información técnica contenida en la solicitud formulada al efecto por el registrante (Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar – LAICA), bajo el número 4097, con fecha del 04-09-1997, sin vencimiento. Se encuentra anotado en el libro de inscripciones destinadas para estos fines Tomo XI, Folio 5, de acuerdo con el artículo 23 de la protección fitosanitaria N° 164 del 02-05-1997 y el Reglamento sobre registro, uso y control de plaguicidas y coadyuvantes Agrícolas Vigente.

La *Cotesia (Apanteles) flavipes* (Cameron 1891). Se considera que *C. flavipes* es originario de Japón y fue introducido en la India, Pakistán, Filipinas, Islas Mauritius y Reunión, para ser utilizado en el control de barrenadores de arroz y de caña de azúcar, especialmente pertenecientes a los géneros Chilo (Pyralidae) y Sesamia (Noctuidae).

De la India, Mauritius, Reunión y paquistaní fue introducida en las Américas, para el control del barrenador de la caña de azúcar *Diatraea spp*). Su primera introducción en el continente americano se dio de la India para Florida en 1963 (Bennett 1965 y Gifford & Mann 1967) donde se estableció por un tiempo sobre *D saccharalis*. Fue enviada a Mauritius y Trinidad donde no tuvo éxito. Después fue introducida a Barbados en 1967 a Trinidad y a Colombia para *D. lineolata* (Gaviria 1977). En Panamá (Narváez 1989), en Venezuela, 1975 F. Ferres, en México por Flores 1985 – 1989. En Brasil, abril de 1994, A. F. Mendonça, en Costa Rica, julio de 1984, fueron introducidas

105 masas de pulpas de *C. flavipes*, iniciándose en seguida su producción en laboratorio DIECA/LAICA (Badilla *et al* 1991).

Para definir las necesidades de la utilización del parasitoide *Cotesia flavipes* (Cameron 1891) (Hymenóptera: Braconidae).

En el campo, es necesario determinar la densidad larvas de *Diatraea spp* en plantaciones de la caña de azúcar, con el objetivo de ajustar sus liberaciones según el número de larvas encontradas por hectárea.

En este sentido se debe presentar información básica que indique la localización, variedad, tipo de terreno y finca y el número de larvas encontrado por unidad de muestreo. Dependiendo del número de larvas encontrado, se determina el número de parasitoides a ser liberados. Para esto se considera un relación 1:1 entre machos y hembras y la supervivencia es únicamente de 40% a 50% de las hembras ovipositoras, razón por la cual se liberan 4 avispas por larva. Las avispas son acondicionadas en hieleras y enviadas a campo en vasos plásticos con pequeños orificios en la tapa, conteniendo cada uno de ellos aproximadamente 1.500 insectos.

Para determinar el daño de los taladradores, se realiza un muestreo en todas las zonas cañeras del país, usando como variables, la **Infestación (I)** representada por el porcentaje de las cañas perforadas por el taladrador y la **Intensidad de Infestación (II)** que es el porcentaje de entrenudos perforados utilizando dos fórmulas.

En todos casos, se tomarán cinco puntos de muestra en cinco metros lineales distribuidos al azar y no el mismo surco. Los cinco puntos fueron distribuidos en cuatro extremos y en el centro del lote muestreado.

El umbral económico utilizado consistió en hacer liberaciones de *C. flavipes* (6.000/hectáreas), cuando se tenía un método que se colectaban 10 larvas/cepa /hora hombre de colecta. En seguida, fue cambiada la densidad larva/hectárea. Se realizó máximo de tres liberaciones en cañas anuales (3, 6 y 8 meses de edad) y en cañas bianuales (3,6 y 14 meses) siguiendo el mismo criterio. Para determinar el porcentaje del parasitismo, se realiza muestreos a los 15 días, al mes siguiente, y a los dos meses después de cada liberación, así como, con un cuarto muestreo entre los 8 y 9 meses, en caña anual y de 16 y 18 meses, en caña bianual.

Para determinar el número de pulpas de *C. flavipes*, moscas nativas y otros parasitoides o entomopatógenos, fueron cosechadas al azar, cañas con perforaciones, en las cuales se abrían longitudinalmente.

## RESULTADOS OBTENIDOS

Con el programa para la reproducción del parasitoide *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), establecido en 1984, y mediante el mismo, durante 1985, se

logró liberar 262.500 adultos del insecto *Cotesia flavipes*, cubriendo 17,5 hectáreas.

CUADRO 3  
Cantidad de Controladores Biológicos (Avispas) Producidos y Liberados en Costa Rica según Año.  
PERÍODO 1984-2005

AÑO	Nº DE INSECTOS		AREA CUBIERTA (HA)	PARASITISMO (%)	
	PRODUCIDOS	LIBERADOS		C. <i>flavipes</i>	TOTAL
1984	8.020	0	-	-	-
1985	516.520	262.500	17,5	7,8	13,8
1986	5.398.447	4.319.000	287,9	18,2	24,3
1987	22.964.557	20.500.000	1.366,7	21,1	25,8
1988	25.165.865	22.810.000	1.520,6	23,7	28,2
1989	24.542.280	21.963.000	1.464,2	32,2	39,9
1990	22.584.840	20.007.000	1.832,1	35,9	42,4
1991	15.404.946	13.429.000	1.251,0	37,3	41,0
1992	17.985.660	14.612.000	1.050,0	39,9	41,4
1993	20.475.660	16.309.000	1.582,5	34,2	36,3
1994	28.767.450	26.053.500	1.928,6	39,6	42,5
1995	32.979.240	29.737.500	1.850,8	39,1	39,1
1996	28.522.500	25.902.000	1.756,0	50,8	66,6
1997	26.998.320	25.462.500	3.184,0	37,7	59,8
1998	32.086.380	28.283.000	4.557,6	32,1	36,3
1999	28.111.140	25.033.000	4.065,4	31,9	48,4
2000	21.503.820	19.528.000	2.611,1	35,0	51,5
2001	25.926.960	23.098.000	4.131,2	33,1	44,2
2002	29.354.940	25.733.500	3.476,5	34,4	52,9
2003	28.160.460	26.739.000	3.369,5	24,6	41,8
2004	13.312.650	11.675.250	1.691,0	23,2	31,9
2005	19.435.590	14.384.500	2.356,0	37,6	46,4
TOTAL	470.206.245	415.841.250	45.350		
PROMEDIO	21.373.011	18.901.875	2.160	31,9	41,5

A lo largo de veintiún años, este programa produjo 470.206.245 avispas, alcanzando un parasitismo nacional de 34,4 (alcanzando promedios de 68% a 75%).

Durante 1996, se obtuvo un parasitismo más elevado de los 21 años de liberación continua, gracias al excelente manejo y continuidad del programa realizado en fincas.

En los últimos años, debido a la falta de apoyo al programa, el control de la broca descendió notablemente, principalmente porque las muestras llevadas a cabo

para la valoración del parasitismo no fueron realizadas de la manera más adecuada.

En el Ingenio Juan Viñas fueron obtenidos resultados ejemplares donde obtuvimos el parasitismo de 51%.

Para el cálculo del factor perjuicio, en Kg. de azúcar/TM de caña resultó que por cada 1% de entrenudos perforados de *D. tabernella* se perdía 1,96 kg de azúcar/TM de caña.

Las prácticas de la utilización del control biológico de las especies de los taladradores de *D. saccharalis*, *D. guatemalensis*, *D. tabernella* existentes en Costa Rica, puede realizarse de manera sustentable con el parasitoide *Cotesia flavipes* sin usar insecticidas, así, protegiendo y manteniendo el ecosistema estable, disminuyendo de esta manera los riesgos de resistencia y contaminación consecuentes al uso de productos no compatibles con el medio ambiente.

#### Taladrador Menor de la Caña de Azúcar

*Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848)  
(Lepidoptera: Pyralidae)

Para la cosecha del 2004 a 2005, en la zona de San Isidro, se reportó el aumento del área de ataque del taladrador menor de la caña, en la zona de San Ramón también hubo una pequeña incidencia. El área más afectada ha sido Filadelfia y Cañas, Guanacaste y los alrededores de la zona de Puntarenas que en este año se decidió que la cosecha efectuada con máquina sería quemada.

En los meses de abril que es la época más seca en las fincas de suelos arenosos y sin irrigación y cosechado con quema, la incidencia de daño fue en plántulas de 40 a 65%; debido a que el insecto cuyo estado adulto es atraído por las quemaduras las cuales aumentan la actividad de copulación en los cañaverales recién cortados los adultos ovipositan en la base de la cepa donde nacen las larvas y se alimentan de los tallos de 2 a 5 cm.

Las larvas que son de hábitos nocturnos, se alimentan y perforan lateralmente las cañas recién brotadas, en la parte inferior del tallo, debajo del nivel del suelo. Las perforaciones de este modo, pueden alcanzar el centro del tallo, causando la muerte de la yema apical, así se presenta la típica forma de (corazón muerto) muy semejante a la sintomatología causada por los taladradores *Diatraea sp* y *Castnia licus* (Bergamin 1964).

El uso de feromonas, la irrigación oportuna y la cosecha en verde son algunas estrategias más recomendadas para el control de la plaga.

#### Joboto o Abejón de Mayo

*Phyllophaga spp* (Coleoptera: Scarabaeidae)

Considerada como una plaga de la que los cañicultores se dan cuenta del daño a la raíz cuando su control ya es sumamente difícil.

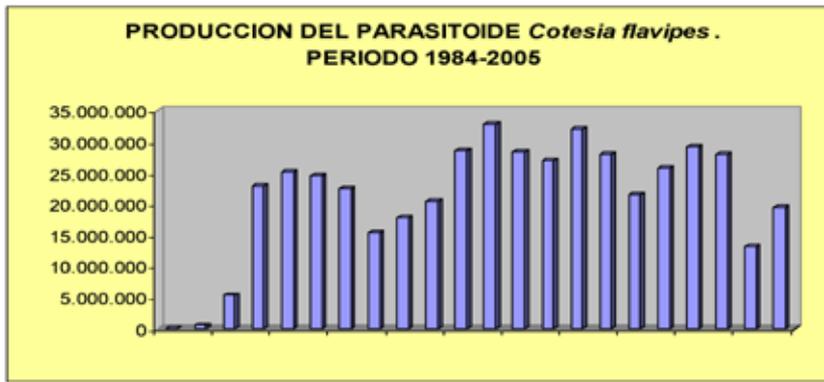


FIGURA N° 2

En Pérez Zeledón, la zona cañera es atacada por *Phyllophaga minetriesi*, en la zona de Puntarenas y Guanacaste encontramos *Phyllophaga minetriesi*, *Phyllophaga valeriana* y la especie *Phyllophaga elenans* que es la que se encuentra en mayor proporción.

Las pérdidas son de 40 a 65% en la germinación de una planta joven y de 50 a 78% en caña adulta. El daño más severo se tiene en la tercera cosecha. Dentro de las medidas de control se utiliza la trampa de luz, trampas con feromonas para la captura de adultos. Desde hace tres años, en las zonas de Puntarenas y Guanacaste se utiliza para la captura de *Phyllophaga elenans* una trampa adicionándole agua con jabón y una feromona.

Estas trampas capturan de 250 a 820 adultos por noche y se ha implementado debido a que su costo es bajo, al contrario de la trampa de luz que es sumamente efectiva capturando de 750 a 2.500 adultos por noche, pero con el inconveniente de que se necesita de cuidados para que no se la roben.

Otra alternativa es el uso dirigido de insecticidas químicos en árboles trampa, mientras que los adultos están copulando y alimentándose durante la noche, sobre las especies de los árboles como Malinche (*Caesalpinia pulcherrina*), Guácimo (*Guazuma spp*) y Poró (*Eritrina spp*). (Badilla, F.; Sáenz, C.E 1994).

Las estrategias del manejo integrado de 1992 a 2006, con la utilización de trampas de luz y trampas con feromonas ha cubierto 5.201 hectáreas en las zonas de Guanacaste, Puntarenas y Pérez Zeledón, siendo utilizada por agricultores y Ingenios (Cuadro N° 4).

### LANGOSTA – CHAPULINES

*Shistocerca spp* (Orthoptera: Acrididae)

En Costa Rica, encontramos tres especies *Shistocerca piceifrons* (Walk); *Shistocerca centrales* y *Shistocerca palens*.

Las regiones más afectadas han sido la zona de Guanacaste, Filadelfia y Cañas con brotes muy importantes en el año 1994, 1996 y 2002. Los adultos obedecen a factores cíclicos todavía desconocidos, aparecen en grandes cantidades y en áreas muy limitadas, destruyendo y desgastando casi todos los vegetales que se encuentran a su alcance, incluyendo naturalmente la caña de azúcar de la cual devoran las hojas y cogollos, a veces hasta logran rasgar el tallo. El daño de los adultos, pero especialmente las ninfas, ocasionan a las plantas atacadas desfoliadas o cor-

tando las hojas más tiernas, con daños de 60 a 79%.

Las aplicaciones de hongos entomopatogenos *M. metarhizium* ( $3,0 \times 10^8$  conidios/ml) y *B. bassiana* ( $2,5 \times 10^9$  conidios/ml).

Cuadro N° 4

Diferentes Estrategias en el Manejo Integrado y Área Cubierta en el Control de Insectos de Importancia Agrícola en la Caña de Azúcar. Período 1982-2005. Costa Rica

Estrategia	Plaga	Area (Ha)	Relación Porcentual
<i>Cotesia flavipes</i>	<i>Diatraea spp.</i>	43.350	30,92
M. anisopliae	<i>Aeneolamia spp.</i>	68.147	48,61
	<i>Prosapia spp.</i>		
	<i>S. Saccharivora</i>		
	<i>L. tabida</i>		
	<i>P. invaria</i>		
	M. hemipterus		
	<i>S. piceifrons</i>		
Cosecha Manual	<i>Diatraea spp.</i>	5.877	4,19
	<i>Castnia licus</i>		
	<i>M. hemipterus</i>		
Bacillus thuringiensis	M. latipes	1.524	1,09
Trampa luz	<i>P. elenans</i>	5.201	3,71
	<i>P. menetriesi</i>		
Feromonas	<i>M. hemipterus</i>	6.351	4,53
Ecológico	<i>Aeneolamia spp.</i>	9.738	6,95
	<i>Prosapia spp.</i>		
<b>Total</b>		140.188	

## PICUDO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

*Metamasius hemipterus* (L.1765)  
(Coleoptera: Curculionidae)

En la zona alta entre 800 y 1.200 msnm, Juan Viñas y San Carlos, encontramos ataques del picudo. En el año 2002, en Guanacaste, en la región de Cañas a 85 msnm, se constató la mayor población de adultos en Costa Rica (Sáenz; Alfaro 2002).

En su estado de adulto, la hembra pone sus huevos en las rajaduras del tallo donde nacen las larvas, que aprovechando las galerías hechas por otros insectos, se introducen en el tallo y hacen túneles, consecuentemente causando la fermentación de la caña y propiciando la entrada de hongos y bacterias que causan la "pudrición roja" pudiendo causar la muerte del tallo utilizado como semilla. Los adultos ponen sus huevos en los tallos en estados de descomposición y las larvas emergen de 7 a 10 días después.

Para su control utilizarse trampas de bambú o recipientes plásticos conteniendo pedazos de caña en descomposición los cuales se impregnan con el hongo entomopatógeno como *Metarhizium anisopliae*, 2,2 X 10<sup>10</sup> conidios) y *B. bassiana* (4,9 X 10<sup>11</sup> conidios).

Para una mejor captura, se puede adicionar la **Feromona de Agregación** (4- methyl – nonan – ol y 6 – methyl hep – 2 – en 4 – ol).

Estas trampas son colocadas cada 20 metros de distancia con un promedio de captura de 85 a 245 adultos por trampa.

## SALTA HOJAS SANTILLANO

*Saccharosydne saccharivora* (West 1833)  
(Homoptera: Delphacidae)

Los adultos, como las ninfas de este insecto se alimentan de las hojas sin que se observe un daño importante, pero durante el proceso de alimentación los insectos segregan una sustancia azucarada que funciona como medio de cultivo del hongo denominado Meliola, que en pocos días cubre el follaje fumagina, la cual forma una costra oscura sobre el tejido foliar, dificultando la transpiración y la fotosíntesis por lo que la planta se debilita.

Su ciclo se manifiesta de septiembre a diciembre y su control se hace por medio del hongo *Metarhizium anisopliae*, que parasita las ninfas y los adultos de 45 a 60%, cuando se aplica en una dosis de 5,0 X 10<sup>13</sup> conidios/ml.

## CHICHARRAS

*Proarna invaria*  
(Homoptera: Cicadidae)

Esta chicharra que aparece en la zona de San Carlos en 1990 por primera vez y luego a partir de 2002, vuelve

con ataques más fuertes. Los adultos de chicharras: la hembra adulta que queda fértil, introduce su ovipositor en el interior de la vena central en el envés de la hoja, depositando en cada postura, entre 5 y 15 huevecillos alineados, y luego nacen las ninfas las cuales caen al suelo donde penetran y se alimentan de las raíces por medio del aparato bucal picador sugador (*Rostrum* y *Labium*) donde pasa por cinco estadios ninfales.

Las ninfas se pueden ubicar a una profundidad de un metro debido al sistema de patas que poseen que hacen túneles en el suelo.

Los daños ocasionados por las ninfas al inyectar las toxinas en las raíces, hacen que el sistema radicular se atrofie impidiendo el crecimiento de la cepa y teniendo ataques de un 55 a 85% del área.

## MÉTODOS DE CONTROL

Se puede utilizar para la captura de adultos trampas de luz, utilizando el modelo de trampa Luiz de Queiróz (Brasil). La renovación de los lotes afectados por medio de un arado de cincel y rastra hace con que las ninfas sean atrapadas por algunos insectos, aves y animales. La aplicación del hongo *Metarhizium anisopliae* (METADIECA) en la presentación de formulación granulada, ya que el hongo parasita las ninfas. Podemos encontrar parasitismo natural de *Cordyceps sp.* Notamos la agresividad de esta plaga al cultivo de la caña de azúcar.

## CONCLUSIONES

Los métodos de control de plagas en la caña de azúcar que la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, DIECA, inició en 1982, están orientados bajo principios de producción más limpia, con la finalidad de apoyar al sector del azúcar costarricense. En Costa Rica la situación de la plaga del taladrador de la caña *Diatraea spp* es bastante estable ya que con la ayuda del parasitoide *Cotesia flavipes* que desde 1984 a 2005 se han liberado 470.206.245 adultos de *Cotesia* en un área de 45.350 hectáreas.

El salivazo se ha manejado con niveles de 0,2 adultos a 0,3 ninfas por tallo, con ello la aplicación del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, 327.203,3 kg de sustrato (hongo + arroz) en un área de 68.167,4 hectáreas, con un promedio de parasitismo de 57,4%.

El control etológico implementado en 9.738 hectáreas, capturando 129.469.155 adultos, de 1991 a 2005.

La introducción de trampas de luz y de trampas con feromonas, ha cubierto 5.201 hectáreas.

El presente documento ha señalado y enfatizado la importancia que bajo los principios de producción más limpia, el cual opera como un método articulado de manejo y control de plagas en el campo, que utiliza técnicas

y criterios naturales y biológicos en forma compatible y armoniosa con el ecosistema que permite mantener poblaciones de las plagas en niveles que no causen daño económico; esto sin degradar e impactar negativamente el medio ambiente.

## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, J.E.M. Batista Filho; A. Santos. A. S. Controle da Cigarrinha da raiz da cana-de-açúcar *Mahanarva fimbriolata*, com o fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae*. mIN: Congresso Nacional STAB, 8, 2002 a. Recife, Anais, Brasil. p: 84-87.
- Almeida, J.E.M. Batista Filho A; Santos, A.S.;Leite, L.G.; Alves, S.B. Controle da Cigarrinha da raiz da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata* (Hem: Cercopidae) em cana de açúcar no sistema orgânico. IN: Congresso Nacional da STAB, 8; 2002 b, Recife, Anais...p: 79-83.
- Alves B.S. controle microbiano de insetos 2ª edição. FEAL/USP Luis Queiros, Piracicaba, São Paulo; Brasil, 1998. 1.163 p.
- Badilla.F. ; Sáenz, C.E.; 1994- Uso de trampas amarillas como criterio de muestreo de salivazo *Prosapia spp* y *Aeneolamia spp* en resumen del primer simposio de manejo de plagas de la caña de azúcar en Costa Rica, 21 de agosto de 1994, 10 p.
- Badilla.F.; Ramírez. C. Evaluación del programa de manejo integrado de chinche salivazo *Aeneolamia spp.*y *Prosapia spp.* (Hom: Cercopidae) en caña de azúcar en el Ingenio Santa Ana, Guatemala. Congreso XIV Asociación de Técnicos de Centroamérica ATACA. 26-30 de agosto, 2002.
- Badilla, F.; Lacayo. R.; Pentzke E.; Distribución espacial de los huevos. De la "salvita" *Aeneolamia varia* (Hom: Cercopidae) en dos tipos de suelos en el Ingenio San Antonio, Nicaragua. Resúmenes IV Congreso costarricense de entomología, San José, 1997. 89 p
- Chaves,M.A.;Rodriguez, A.; Salazar,J.D.; Saenz. C.E.-Plagas y fitosanidad de la caña de azúcar 5°ATALAC, 13°ATACA, 14° ATACORI, Septiembre, 200. 64 p
- DIECA Primer simposio sobre manejo integrado de plagas de la caña de azúcar en Costa Rica- Programa de entomología. San José, 1999.
- DIECA Manual de producción del parasitoide *Cotesia flavipedes* para el control biológico de los taladradores de la caña de azúcar *Diatrea spp* en Costa Rica. Edición conmemorativa del X aniversario del Programa de Entomología (1984-1994) San Jose- Costa Rica, 1994, 23 p.
- FAO, OIRSA. Manual técnico sobre la langosta voladora (*Shistocerca piceifrons, piceifrons* de Walter, 1970) y otros acridoides de Centroamérica y sureste de México, San Salvador, mayo, 1992.
- Flores Carceres S.-Las plagas de la caña de azúcar en México. 1ª edición- Servicios gráficos Vera Cruz, México. 350 p.
- Guagliumi. P. Plagas de caña de azúcar en Venezuela. Maracaibo. Octubre 1962. 482 p.
- Guagliumi P. Plagas de la caña de azúcar IAA. Rio de Janeiro, Brasil 1972-73. 622 p.
- Laurence L., Manual of techniques en insect pathology, San Diego, California, USA. 1994. 409 p.
- Mendonça, A.E. - Cigarrinha da cana - de-açúcar; Controle biológico. Maceió Alagoas, Brasil. 317 p.
- Mendonça A.F.; Flores C.S.; Saenz,C.E.; Slaivazo de la caña de azúcar en Latinoamérica y Caribe y Cigarrinha da cana-de-açúcar; Brasil, 2005.
- Mendonça A.F. Pragas da cana-de-açúcar Maceió, Alagoas, Brasil 1996. 230 p.
- Miranda D.L.L. Cigarrinha das raízes em cana-de-açúcar. Instituto Agrônomo de Campinas, São Paulo. 2003. 70 p.
- Morón M.A. El género *Phyllophaga* em México.1998.
- Rodriguez, A. Fundamentos para la producción y uso de hongos entomopatogénos en el control de plagas de la caña de azúcar. DIECA. San José, Costa Rica, 2002. 60 p.
- Rodriguez, A.; Manual de Recomendación para el manejo de plagas de la caña de azúcar.DIECA. San José, 2002. 60 pg.
- Rodriguez, A.; Sáenz,C.E.; Salazar J.D. Efecto del aceite parafínico sobre el poder germinativo de conideos de *M. anisopliae* Memoria 12º Congreso ATACORI Costa Rica, 1997. p: 62-70.
- Sáenz, C.E.; Oviedo,R.; Alfaro,D.;Salazar J.D.; Rodriguez,A. Incremento de manejo integrado de plagas en Costa Rica. XV Congreso Asociación Técnicos Azucareros de Costa Rica, 3 a 5 de septiembre, Guanacaste, 2003.
- Sáenz,C.E. Comportamiento de *Metarhizium anisopliae* (Mestch) PL 43 en *Aeneolamia postica*, *Prosapia simulans*, *Zulia vilior* y *Delasor natatus* en Costa Rica. Memorias primer Congreso DIECA. 19 y 20 de noviembre. San José Costa Rica. 1998.
- Sáenz C.E.; Alfaro D.; Rodriguez, A.; Salazar, J.D.; Oviedo, R., Eficiencia en la captura de salivazo (Hom: Cercopidae) mediante el uso de trampas adhesivas amarillas en caña de azúcar en Costa Rica, Congreso 5° ATALAC, 13° ATACA, 14°ATACORI., 2000. p: 76-77.
- Salazar, J.D. Evaluación de dos cepas de hongos entomopatogénos *Metarhizium anisopliae* y seis insecticidas granulados en el control del salivazo. (*Aeneolamia postica*) (HOM: Cercopidae) en la caña de azúcar en la región de San Carlos MIP 43:9-18 Turrialba, Cartago, Costa Rica. 1997
- Salazar,D. Informe de Labores del Laboratorio de Producción del Parasitoide *Cotesia flavipedes* durante el año 2000. Costa Rica 2001. sin publicar.
- Saunders J.; Coto, T.D.; King, B.S.A. Plagas invertebradas de cultivo anuales Alimenticias en América Central, Turrialba, Costa Rica, 305 p. 1998.
- Vargas N.- Factores que han incidido en la producción de la caña de azúcar en las cinco regiones cañeras de Costa Rica. III Congreso ATACORI. Guanacaste, noviembre, 1987.

## REFERENCIAS DEL BARRENADOR MENOR *BLASTOBASIS GRAMINEA* (LEP: COLEOPHORIDAE) COMO PLAGA POTENCIAL DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA

José D. Salazar Blanco, Eduardo Alvarado Echeverría,  
Rodrigo Oviedo Alfaro

Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar  
e-mail:jsalazar@laica.co.cr, ealvarado@laica.co.cr,  
roviedo@laica.co.cr

### RESUMEN

*Blastobasis graminea* (Lepidoptera: Gelechioidea: Coleophoridae: Blastobasinae), conocido como el barrenador menor de la caña de azúcar, es referido e ilustrado a través de fotografías en el presente documento. Se describe en forma general, sus hábitos alimenticios y su biología de acuerdo a una recapitulación de referencias recientes.

A partir de la recolección de muestras realizados desde el año 2001, se identificó y se inició el seguimiento de su presencia en las principales zonas del cultivo de la caña de azúcar; convirtiéndose en el objetivo del presente trabajo: dar una referencia de la presencia de *B. graminea*, en el cultivo de la caña de azúcar.

Se realizaron muestreos durante 5 años consecutivos, en los cuales se recolectaron un total de 11.215 larvas de especies diferentes de barrenadores entre los cuales se encuentran los de mayor importancia económica en el país como son *Diatraea guatemalaella* y *Diatraea tabernella*. Dentro de los resultados obtenidos, *B. graminea* aparece ocupando la cuarta posición entre los géneros de Lepidopteros encontrados; de acuerdo a su cantidad reportada, un 1.5% del total de larvas representa la proporción de dicho espécimen.

### INTRODUCCIÓN

La presencia en los cultivos de importancia agroindustrial, de nuevas especies de insectos, es de gran relevancia investigativa, ya que pueden representar en un plazo no determinado, poblaciones que al interactuar y encontrar un conjunto de condiciones del medio favorables, una amenaza de importancia económica.

Cabe resaltar, el esfuerzo que constantemente realizan, profesionales, técnicos y personas encargados de mantener bajo control las poblaciones de insectos que ocupan un importante nivel de incidencia y grado de daño. Los monitoreos constantes permiten mantener una alerta en relación a la presencia de nuevas especies de insectos cuyos hábitos alimenticios y comportamiento ante una especie vegetal específica, puedan favorecer en un momento determinado, su reproducción y expansión en detrimento de los cultivos.

Las condiciones ambientales de las regiones tropicales de América son favorables para el desarrollo y la siembra de muchas especies de cultivos perennes. Puesto que estos se siembran en una amplia variedad de microclimas y hábitats, están expuestos a una gran diversidad de especies de insectos herbívoros que les pueden causar daño. Ello explica que, en algunos casos bien documentados, ciertos insectos limiten severamente la producción y los rendimientos de dichos cultivos. En realidad, la siembra intensiva y con poca tecnología de algunas especies de cultivos, sumada al desequilibrio causado por las malas prácticas que el ser humano emplea contra los insectos plagas, ha propiciado que algunos de ellos se conviertan en plagas de gran importancia.

Entre esas prácticas, sobresale el uso desmedido de insecticidas que, entre otras consecuencias negativas, limita la acción de los agentes de control biológico que

regulan las poblaciones de insectos herbívoros en la naturaleza. Es decir, generalmente, las plagas surgen por alteraciones de tipo ecológico.

Por tanto, para contrarrestar estas situaciones anómalas, se deben buscar soluciones que tengan una sólida base ecológica, enmarcadas en la noción y las prácticas del manejo integrado de plagas (MIP). En el contexto del desarrollo de programas MIP, el diagnóstico fitosanitario cumple un papel fundamental pues, en realidad, implica no solamente la identificación de las especies de interés como plagas, sino también el conocimiento de los estados e instares de su ciclo de vida, su biología, ecología, el daño causado y su impacto económico en las áreas de producción. Pero además, posibilita el conocimiento y la valoración de los enemigos naturales (parasitoides, depredadores y organismos entomopatógenos) de los insectos plaga. (Coto *et al*, 2003).

En este contexto tanto el monitoreo como la recolección constante de especímenes a nivel de campo, es una herramienta esencial no solo para el control de poblaciones de las especies de insectos considerados plaga para un cultivo, sino también para dar el seguimiento necesario a los insectos que con frecuencia se encuentran conviviendo en un sistema de producción.

A pesar de que no siempre están disponibles, los umbrales económicos son necesarios para, con base en la densidad de una plaga en el campo, tomar la decisión de aplicar un método de combate. Para obtener la información relativa a la densidad de una plaga es necesario muestrear o, al menos, hacer observaciones en diferentes partes del campo semanalmente durante ciertos períodos críticos, o cada dos semanas en otras fases del cultivo.

Es recomendado tomar al menos cinco muestras u observaciones: una en cada punto cardinal, a cierta distancia del centro del cultivo, y otra en el centro. Para ello, se cuenta el número de insectos o plantas dañadas a lo largo de un número fijo de metros en el cultivo, o se selecciona al azar un número fijo de plantas en cierta área. La densidad de la plaga se debe expresar como el promedio por planta o por metro de surco y se debe comparar con el umbral establecido. (Coto *et al*, 2003)

Por décadas, entomólogos han sabido que larvas de por lo menos una especie de microlepidópteros diferentes a *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Crambidae) se alimentan de caña de azúcar y diversas especies de forrajes en América Latina. Sin embargo especímenes de adultos de una especie de Coleophoridae (Blastobasinae) han sido colectados desde los años 1940 y 1950 por H. E. Box en Venezuela y durante los años de 1970 y 1980 por L. Cárdenas y otros en Colombia, durante los cuales esta palomilla se mantuvo sin nombre.

Debido a que algunos miembros de Blastobasinae son similares en el patrón de las alas, frecuentemente se

ha dificultado su identificación. Por ejemplo, las especies descritas en un principio como *B. graminea*, han sido previamente mal identificadas como *Auximobasis obstricta* Meyrick 1918, (Box 1953, Guagliumi 1962) y *Blastobasis subolivacea* Walsingham 1897, (Martorell 1976). Adicionalmente, los tipos de especímenes Neotropicales de Blastobasinae no han sido estudiados sistemáticamente hasta tiempos recientes.

Desde Meyrick (1894), la superfamilia Blastobasinae ha sido por mucho tiempo considerada como monofyletica; estudios recientes (Adamski y Brown 1989, Hodges, en prensa) han corroborado esta noción y postulado relaciones filogenéticas entre Blastobasinae y Gelechioidea. Además en dicho estudio, la Blastobasidae (sensu Adamski y Brown 1989) es considerada como una subfamilia en conjunto con la familia Coleophoridae.

Cárdenas y Hernández (1985) describieron la biología de *B. graminea*, en caña de azúcar en Colombia. El daño más severo debido a *B. graminea* ocurre hacia el tercio terminal de la planta de caña de azúcar, sin embargo, el daño puede ocurrir en partes más bajas del tallo. Cuando el daño es en el extremo de la porción apical la planta muere (Figuras 1 y 2).



Figuras. 1 y 2. Larvas de *B. graminea* barrenando el tallo de caña de azúcar. Foto J.Salazar, 2004

Instares tempranos de *B. graminea*, se alimentan de la superficie del tejido del tallo. Cuando la larva está preparada, barrena el tallo. Las galerías son usualmente de forma irregular; las larvas nunca excavan o barrenan más de dos internudos de la planta (Figura 3).



Figura 3. Galerías irregulares formadas por barrenación de *B. graminea*. Foto J. Salazar, 2004

Las larvas maduras usualmente pupan (Figura 4) entre el tallo y la vaina, pero algunas veces dentro del tallo. Adicionalmente a la caña de azúcar, las larvas se alimentan de maíz, sorgo, *Coix lacryma-jobi* L., y *Setaria paniculifera* Fournier.



Figura 4. Crisálida de *B. graminea*. Foto J. Salazar, 2006

Aparentemente existe una fuerte correlación entre la presencia de *Diatraea saccharalis* y *Blastobasis graminea*, sin embargo, no es sabido cual especie de dichas palomillas ataca primero la planta. (Adamski, D. *et al* 1987).

Recientes descubrimientos de *B. graminea* en México han establecido una relación de este insecto como plaga, originalmente descubierto en América del Sur, y que probablemente se encuentre migrando hacia el norte.

Las larvas de esta pequeña palomilla (Figuras 5 y 6) son capaces de barrenar los tallos de la caña de azúcar, causando daños al cultivo. Una investigación en Texas y Louisiana fue conducida en el 2002 para determinar si *B. graminea*, hubiese extendido su rango hacia el interior de los Estados Unidos.



Figuras 5 y 6. Larvas de *Blastobasis graminea*. Foto J. Salazar, 2006

Algunas investigaciones en Texas fueron realizadas cerca de áreas cultivadas y no cultivadas con caña de azúcar en el Valle Río Grande de Texas y cerca de Beaumont hacia el sur de Texas. Las investigaciones en Louisiana incluyeron pruebas, no solamente en caña de azúcar sino también en maíz, *Zea mays*, y sorgo, *Sorghum bicolor*, (L.) Moench, así como especies de gramíneas no cultivadas. (White *et al*, 2005).

Este barrenador menor, antes conocido como *Valentinia*, es endémico del valle del río Cauca donde hasta el momento las poblaciones se han mantenido bajas debido, aparentemente, a un control biológico natural ejercido por moscas parasíticas. Hay registros, como anteriormente se mencionó, de su presencia en Venezuela y recientemente fue detectado en Centro América, México y los Estados Unidos. Su incidencia en el valle del río Cauca es tal que solo se presenta a partir de los 7 meses de edad de la caña de azúcar y aumenta a partir de ese momento.

De acuerdo a trabajos adelantados por el área de entomología del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA), los cuales estuvieron orientados a caracterizar el daño provocado por *B. graminea*, se determinó que es muy semejante al de *Diatraea sp.* en sus estados más jóvenes y se diferencia en que tiende a permanecer cerca de los tejidos del nudo. Los registros indican que su incidencia se ha mantenido constante, variando entre 1.5 y 3,0% de los entrenudos barrenados en promedio, que no es muy significativo en términos de la producción. Puede causar problemas eventualmente, en semilleros, teniendo en cuenta que tiende a perforar las yemas y puede disminuir sensiblemente la población de brotes germinados.

No existe hasta el momento ninguna medida de control recomendada. Se han hecho reconocimientos de sus enemigos naturales y se ha detectado una mosca pequeña perteneciente a la familia Tachinidae que parasita las larvas. A pesar de que los niveles son bajos, son suficientes para mantener la población controlada. (Cenicaña, 2003)

Por lo tanto, en el presente trabajo se procura llamar la atención con respecto al comportamiento del barrenador menor *Blastobasis graminea*, en las diferentes áreas de producción del cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica, ya que su presencia permanece en el mismo, y su nivel de daño, a pesar de no haber llegado a constituir una amenaza de importancia económica, podría en un futuro provocar perjuicios agroindustriales.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Puntualizar en forma general, la presencia del barrenador menor, *Blastobasis graminea*, como plaga potencial del cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica.

### Objetivos Específicos

Describir las características entomológicas de *B. graminea*, y su comportamiento en el cultivo de la caña de azúcar.

Representar mediante datos recolectados los reportes de *B. graminea*, en las principales áreas de cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica.

Mencionar brevemente referencias adicionales de importancia del insecto y su distribución en América Latina.

## METODOLOGÍA

La metodología empleada para la realización del presente trabajo se basó en la recolección por medio de métodos convencionales, de tallos de caña de azúcar con los síntomas normales de daño causados por el Barrenador Común de la Caña de Azúcar, *Diatraea spp.* Dicho muestreo forma parte del trabajo profesional efectuado constantemente, por personal de la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (LALCA- DIECA) y con el apoyo de los Departamentos Agrícolas de los Ingenios del país.

El período para la realización de los muestreos se basa en el estado fenológico del cultivo, en momentos en que el cultivo presenta mayor susceptibilidad al ataque de barrenadores. Por lo general las épocas de muestreo de tallos se encuentran entre los dos meses y los 5,5 meses de edad. Se toma en cuenta cada una de las zonas que tradicionalmente representan las áreas de mayor producción de caña y que por sus condiciones a lo largo del tiempo han mostrado mayor incidencia de dicho insecto.

Las muestras se recolectan en un área con síntomas relevantes de daño, estableciendo en una hectárea, cinco puntos de muestreo de 4 metros lineales cada uno en diferentes lugares del sitio de muestreo. De esta forma en cada línea de muestreo se recolectan los tallos dañados (síntoma de corazón muerto) para obtener, un número total de tallos dañados por área representativa (infestación de tallos).

Los tallos dañados se abrieron y se extrajeron las formas biológicas presentes y se colocaron en cajas de poliestireno cristal con rodajas de caña para su alimentación, mientras se hacía el reconocimiento de especies. Además se identificaron con fecha y zona de recolección, nombre de la finca, y la variedad de caña muestreada. Se observó y determinó el agente causal del barrenado o daño encontrado en la muestra. Se elaboró un registro en el cual se especificó el número de larvas y estadios de los insectos encontrados en los tallos evaluados.

Posteriormente, utilizando la hoja de cálculo Excel, se organizó la información contabilizando el total de larvas encontradas, determinando así los valores cuantitativos de cada especie encontrada por zona produc-

tora. Una vez establecidas las tablas correspondientes, se elaboraron gráficos para cada zona y para las especies de insectos encontradas, ubicando entonces los porcentajes de cada una de las mismas de acuerdo a la cantidad encontrada.

Las variables establecidas para el análisis de datos fueron:

- a. Proporción (%) de especies de barrenadores del tallo en diferentes localidades de Costa Rica. Muestreos realizados a partir del año 2,000.
- b. Proporción de especies de barrenadores del tallo en Costa Rica.
- c. Proporción de especies de barrenadores del tallo en diferentes localidades de Costa Rica.
- d. Relación porcentual de especies.

Estas variables representan la evaluación de las diferentes especies de barrenadores encontradas en tallos de caña de azúcar y se toma en cuenta la presencia de formas biológicas adicionales encontradas durante las evaluaciones. La recolección de datos y evaluaciones fueron realizados del año 1998 al año 2005, a pesar de esto, las referencias de *B. graminea*, se registran a partir del año 2001, por lo cual los resultados en cuanto a su presencia se basan en los datos obtenidos a partir de ese año.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la recolección de muestras en diferentes áreas de cultivo de caña de azúcar en Costa Rica, obtenemos los resultados que a continuación se presentan.

Debido a que se han recolectado varias larvas de esta plaga en diferentes fincas, principalmente del Valle Central, se decidió referirla al Doctor David Adamski, del Departamento de Entomología Smithsonian Institution en Washington, DC, U.S.A., especialista de ese género quien confirmó la taxonomía de este barrenador. La presencia de esta especie se determina por el síntoma de corazón muerto, al igual que otros barrenadores, pero las galerías son a menor escala e irregulares debido a que su tamaño en estado de larva no sobrepasa una longitud de 1.5 cm.

Durante las épocas de muestreo del año 2001 hasta el 2005, un total de 10 fincas de las principales zonas cañeras del país, demostraron diferentes proporciones en cuanto a la presencia de barrenadores en las mismas. Un total de 11.215 larvas fueron recolectadas, representando seis especies y cuatro géneros del orden Lepidoptera, y una especie y un género del orden Coleoptera, especímenes de importancia en caña de azúcar. (Cuadro 1).

CUADRO 1  
Especies recolectados en Caña de Azúcar en  
Muestrros realizados del año 2001 al 2005

Orden	Género	Especie
Lepidoptera	<i>Diatraea</i>	<i>saccharalis</i>
Lepidoptera	<i>Diatraea</i>	<i>guatemalaella</i>
Lepidoptera	<i>Diatraea</i>	<i>tabernella</i>
Lepidoptera	<i>Eoreuma</i>	<i>loftini</i>
Lepidoptera	<i>Elasmopalpus</i>	<i>lignosellus</i>
Lepidoptera	<i>Blastobasis</i>	<i>graminea</i>
Coleoptera	<i>Metamasius</i>	<i>hemipterus</i>

La plaga de la caña de azúcar, *Diatraea guatemalaella*, fue la más abundante de las especies colectadas, como se puede apreciar en el Cuadro 2.

Se puede observar como los especímenes de *B. graminea*, representan cuantitativamente una proporción baja, con respecto al resto de especies barrenadoras de la caña de azúcar. De las 11.215 larvas recolectadas, la proporción de *B. graminea*, constituye un 1.5 %. (Gráfico 1). Esto demuestra que su presencia hasta el año 2005, se mantiene en niveles bajos. No así las otras especies del género *Diatraea*, cuyos valores son muy superiores. Una proporción del 0.2 %, representa a especímenes de menor relevancia.

Tomando en cuenta las áreas en las que se realizaron los muestrros, los resultados demuestran una mayor aparición de *B. graminea* en las fincas del Ingenio CoopeVictoria, ubicado en la zona del Valle Central del país, así como en la zona sur, en el cantón de Pérez Zeledón. (Gráficos 2 y 3).

Llama la atención que en los muestrros realizados en las fincas de CoopeVictoria, la proporción de *B. graminea*, sobrepasa a la de *D. saccharalis*. (Gráfico 2).

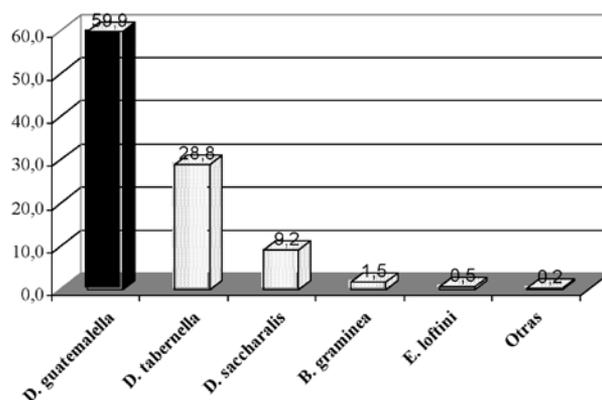


Gráfico 1. Proporción de Especies de Barrenadores del Tallo en Costa Rica Años 2001-2005

Además en esta zona se encuentra mayor diversidad de especies barrenando tallos de caña de azúcar.

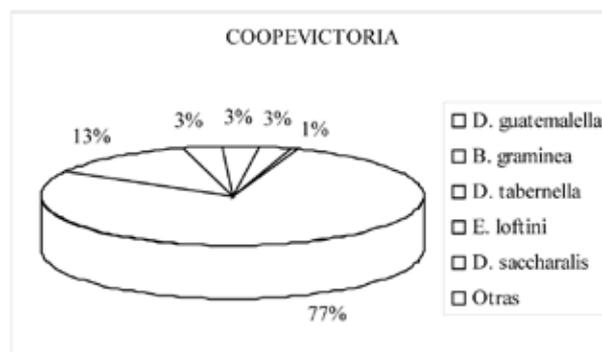


Gráfico 2. Proporción de Especies Principales Encontradas en Fincas de CoopeVictoria.

CUADRO 2  
Proporción de Especies de Barrenadores del Tallo. Años 2001-2005

ESPECIE	TOTAL							
	2001	%	2002	%	2004	%	2005	%
<i>D. guatemalaella</i>	1.272,0	48,2	2.430,0	60,1	2.129,0	74,1	882,0	53,9
<i>D. tabernella</i>	1.164,0	44,1	1.368,0	33,8	65,0	2,3	630,0	38,5
<i>D. saccharalis</i>	119,0	4,5	152,0	3,8	657,0	22,9	103,0	6,3
<i>B. graminea</i>	48,0	1,8	80,0	2,0	24,0	0,8	20,0	1,2
<i>E. loftini</i>	33,0	1,2	19,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Otras	5,0	0,2	8,0	0,2	7,0	0,2	0,0	0,0
TOTAL	2.641,0	100,0	4.045,0	100,0	2.875,0	100,0	1.635,0	100,0

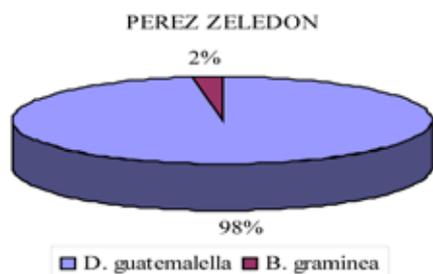


Gráfico 3. Proporción de Especies Principales Encontradas en el Cantón de Pérez Zeledón.

## CONCLUSIONES

El barrenador menor de la caña de azúcar *Blastobasis graminea*, es una especie cuya biología y comportamiento en este cultivo es de estudio reciente. Inclusive su identificación y reconocimiento entomológico fue motivo de análisis cualitativos en relación a las diferentes estructuras de adultos y larvas, así como las diferencias entre machos y hembras, ya que existen especies de gran parentesco.

Debido a su apariencia y a sus hábitos de alimentación, usualmente le hace ser confundido con otros barrenadores del género *Diatraea*, y cuya recolección coincide en los momentos en que los muestreos para la recolección de ésta última son realizados. Cabe destacar, como anteriormente se mencionó, la aparente relación entre la presencia de *D. saccharalis* y *B. graminea*, pero aún no es sabido cual de las dos especies atacan primero la caña de azúcar.

Las referencias indican su identificación y reporte como plaga del cultivo en Colombia, Venezuela y México. En Costa Rica, debido a que se recolectaron varias larvas en diferentes fincas del Valle Central, en el año 2001, fue referida al Dr. David Adamski, especialista del género quien confirmó la taxonomía de este barrenador. (Salazar, 2001).

Su presencia se determina por el síntoma de corazón muerto, al igual que otros barrenadores, pero sus galerías son a menor escala e irregulares debido a que el tamaño de larva no sobrepasa una longitud de 1.5 cm. (Salazar, 2001).

En Costa Rica, durante los muestreos realizados a partir del año 2001, se reporta su presencia principalmente en fincas del Valle Central, y en algunos sectores al sur del país, específicamente en el cantón de Pérez Zeledón.

Las cantidades reportadas, a pesar de ser bajas, no dejan de llamar la atención, debido a las referencias consultadas en las cuales se refieren a *B. graminea*, como plaga de la caña de azúcar.

Es posible que algunas condiciones específica en Costa Rica, minimicen su efecto o su desarrollo poblacional, como puede ser la competencia con otros barrenadores mayores, las condiciones climatológicas, o la presencia de controladores biológicos de mayor efectividad; es de nuestro interés, por lo tanto llamar la atención hacia dicho espécimen, ya que sus hábitos y relaciones con otros componentes del sistema a pesar de no ser muy conocidos, pueden representar una plaga potencial en el país para este cultivo de gran importancia agroindustrial.

## LITERATURA CITADA

- 1) Adamski, D. 1999. *Blastobasis graminea*, new species (Lepidoptera: Gelechioidea: Coleophoridae: Blastobasinae), a stem borer of sugar cane in Colombia and Venezuela. *Proceedings of the entomological society of Washington* 101:164-174.
- 2) Adamski, D. et al. 2002. Survey results for the sugarcane pest, *Blastobasis graminea* (Lepidoptera: Coleophoridae), in Texas and Louisiana in 2002 (en línea). USDA, Texas, USA. Consultado 25 de mayo 2006. Disponible en <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm>.
- 3) Cenicaña. 2003. El barrenador menor *Blastobasis graminea* (en línea). Cenicaña, Colombia. Consultado el 13 de Junio 2006. Disponible en [http://www.cenicana.org/programas/variedades/plagas\\_barrenadores\\_menor.php](http://www.cenicana.org/programas/variedades/plagas_barrenadores_menor.php)
- 4) Coto, D. et al. 2004. Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central. Costa Rica, CATIE. 420 p.
- 5) Saunders, J. et al. 1998. Plagas invertebrados de cultivos anuales alimenticios en América Central. 2 ed. Costa Rica. CATIE. 305 p.
- 6) White, W.H.; Adamski, D. 2005. Stem borers associated with smooth cordgrass, *Spartina alterniflora* (Poaceae), in a Nursery Habitat. *Florida Entomologist* 88: 390-394.

# UTILIZACIÓN DE NEMÁTODOS ENTOMOPATÓGENOS PARA EL CONTROL DE JOBOTOS (*PHYLLOPHAGA*) EN CAÑA DE AZÚCAR: AVANCES DE INVESTIGACIÓN

Lidieth Uribe, Daniela Rodríguez, Melisa Torres, Melina Solano,  
Laboratorio de Microbiología Agrícola,  
Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR.

Lorena Flores,  
Laboratorio de Nematología,  
Centro de Protección de Cultivos, UCR.

Alejandro Rodríguez,  
Programa de Entomología, Estación Experimental DIECA, Grecia  
arodriguez@laica.co.cr

## RESUMEN

La caña de azúcar se ve afectada por diferentes insectos plaga. Una de las especies que se encuentra con mayor frecuencia es *Phyllophaga elenans*, que se distribuye a lo largo de la Región del Pacífico Central y Norte del país. El estado larval o "joboto" se alimenta de la raíz de la planta afectando el desarrollo de la misma. Debido a que el control químico no ha sido efectivo consideramos importante explorar el uso de nematodos entomopatógenos (NEP). Para ello se implementó durante el año 2005 un pie de cría de *P. elenans* y se procedió al aislamiento de NEP en fincas con manejo agroecológico. Se recolectaron muestras de suelo de diferentes "manejos" agrícolas, incluyendo una zona boscosa presente en cada finca. Se utilizaron como insecto trampa larvas de *Tenebrio molitor* y en las pruebas de susceptibilidad, larvas de *Phyllophaga elenans*. Se obtuvo un total de 12 aislamientos procedentes de la mayoría de manejos evaluados, sugiriendo que estas fincas constituyen un importante reservorio de diversidad. De los seis aislamientos evaluados a nivel de laboratorio por su capacidad de infectar, en el estadio L2 de *P. elenans*, se encontró que tres nematodos causaron muerte de larvas. Los mayores porcentajes de infección se presentaron con una cepa del sistema "cerca arbolada" procedente de Zarcero, esta cepa afectó los estadios L2 y L3 de *P. elenans*. En estudios posteriores se evaluará mediante pruebas de laboratorio y campo el uso de estas cepas como agentes de control biológico.

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es un cultivo de gran importancia agroindustrial ya que se utiliza en la producción de azúcar y derivados (alcohol, bebidas alcohólicas, melaza, fármacos y otros). La agroindustria nacional reúne a 7 mil productores y 16 ingenios y permite que las 51 mil hectáreas sembradas y los 6,8 millones de bultos de 50 kilos de azúcar (4 millones son para el consumo nacional) de producción anualmente, se conviertan en un importante aporte al Producto Interno Bruto y a la

economía del país. El excedente azucarero se exporta a todo el mundo: Rusia, Marruecos, China, Estados Unidos y el Caribe ([www.laica.co.cr](http://www.laica.co.cr)).

No obstante la importancia del cultivo para el desarrollo agroindustrial del país, el mismo se ve afectado por diferentes especies de insectos, dentro de los cuales los llamados jobotos son de mucha importancia por los niveles de daño que pueden alcanzar.

En cuanto a los jobotos, las dos especies más frecuentes en el cultivo son: *Phyllophaga menetriesi* y *P. elenans*. *P. menetriesi* es muy importante en la Región Sur

(Pérez Zeledón), aunque puede aparecer como plaga de forma muy localizada y esporádica en el Valle Central; por su parte, *P. elenans* se distribuye a lo largo de la Región del Pacífico Central y Norte, donde estimaciones preliminares mencionan la posibilidad de que existan cerca de 6.000 hectáreas de caña afectadas en mayor o menor intensidad por la plaga (Alejandro Rodríguez, 2005 comunicación personal). El joboto que es el estado larval del insecto, se alimenta de la raíz de la planta, por lo que su función de absorción de nutrimentos y de sostén se ve afectada, y por tanto, la planta experimenta un fuerte impacto en su desarrollo (Dieca, 2002)

El control químico existente no ha funcionado por lo que consideramos importante explorar el uso de alternativas biológicas y/o su combinación con productos químicos. Entre los agentes de control biológico figuran los nematodos entomopatógenos (NEP). Los NEP (*Heterorhabditis* y *Steinernema*) son parásitos obligados de insectos habitantes del suelo, que presentan una asociación mutualista específica con bacterias de los géneros *Xenorhabdus* spp. y *Photorhabdus* spp. (Boemare et al. 1997; Burnell y Stock 2000) que pueden causar la muerte de insectos plaga. Los NEP han demostrado ser efectivos para el control de algunos dípteros, coleópteros y lepidópteros que atacan cultivos comerciales, pueden aplicarse con equipo convencional, y pueden ser utilizados industrialmente (Landazabal et al. 1973; Bowen & Ensing 1998, Burnell y Stock 2000; Lola-Luz et al. 2005). Sin embargo, existe variabilidad entre cepas y se recomienda utilizar aislamientos nativos para evitar la introducción de organismos foráneos que contribuyan al desequilibrio ecológico. Estos agentes son específicos contra insectos.

## OBJETIVOS

El objetivo general involucra la evaluación del combate biológico por medio de nematodos entomopatógenos (NEP) sobre larvas de *Phyllophaga elenans* a nivel de laboratorio.

Como objetivos específicos se plantea:

- Muestreo y aislamiento de NEP en fincas sometidas a diferente manejo agrícola.
- Establecer un pie de cría de *Phyllophaga elenans*.
- Evaluar a nivel de laboratorio el potencial de los nematodos entomopatógenos encontrados sobre la *P. elenans*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se visitaron fincas de agricultores que forman parte del proyecto Emisión de Gases de Efecto Invernadero y Agricultura Orgánica, ejecutado por la Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense (CEDECO) (Tabla 1) con el fin de aislar nematodos procedentes de zonas en las que se practicaba una agricultura agroecológica, donde, el control de plagas es en parte realizado por insectos y microorganismos presentes en los suelos de dichas fincas.

Las muestras procedentes del campo se colocaron en recipientes con 500 g de suelo en las que se les pusieron larvas de *Tenebrio molitor*, las larvas se revisaron todos los días y cuando presentaron síntomas de infección por nematodos se colocaron en trampas White, se incubaron y se recogió en el agua de la trampa, los nematodos que se conservaron en solución Ringer (Stock, 2004).

CUADRO 1  
Fincas de agricultores del proyecto Emisión de Gases de Efecto Invernadero y Agricultura Orgánica.

Zona	Propietario	Sistema de producción	Área	Tipo de finca
Los Santos 1	Familia Corrales Gamboa.	Café Bosque	2.7 ha	3 años de certificación
Los Santos 2	Bernardo Naranjo Portugués	Café Bosque	1 ha	Sistema Convencional a bajo insumo.
Zarcero 1	Hnos. Guerrero Rodríguez	Culantro Barbecho Bosque	0.9 ha	15 años de trabajo orgánico. Fincas certificadas
Zarcero 2	Jaime Chávez Méndez	Culantro Arracache Barbecho Cerca Arbolada	0.8 ha	Sistema Convencional a bajo insumo.
Atlántica	Jorge Guido Pérez Torres	Yuca orgánica Yuca convencional Bosque	2.2 ha 2.1 ha	2 años de certificación.

## Implementación de un Pie de Cría de Larvas de *Phyllophaga elenans*

Con el fin de contar con material sano, criado en el laboratorio y que se tratara de la misma especie, se colectaron utilizando para ello trampas de luz, adultos de *Phyllophaga elenans* a en la Finca Achotal del Ingenio CA-TSA (Liberia, Guanacaste), los adultos se transportaron al laboratorio donde se separaron por sexos colocando en 4 recipientes 51 machos y 16 hembras, 44 machos y 46 hembras, 34 machos y 25 hembras y 34 machos y 25 hembras. Los recipientes contenían suelo estéril, un envase con agua y ramas de poró (*Eritrina poeppigiana*). El suelo de cada uno de los baldes se revisó dos veces por semana y se separaron los huevos que se colocaron en recipientes de plástico de 150 ml de capacidad conteniendo suelo estéril en cantidades de aproximadamente 100 huevos por recipiente, los baldes se inspeccionaron hasta que todos los adultos hubiesen muerto.

Los huevos se colocaron por aproximadamente 15 días (cuando los huevos se encuentran próximos a eclosionar) sobre suelo de bandejas que contenían arroz (*Oryza sativa*) con una altura de aprox. 5 cm. El arroz se podó dos veces por semana utilizando para ello tijeras, la altura del arroz se mantuvo entre 5 a 8 cm, con el fin de que los huevos eclosionaran y las larvas se alimentaran del mismo. Cuando fue necesario, se adicionó más arroz y suelo hasta que las larvas alcanzaron el estadio L2, en ese momento las larvas se transfirieron a vasos que contenían plántulas de maíz (*Zea mays*) y se revisaron periódicamente proporcionándoles alimento.

Con el fin de determinar la susceptibilidad de *P. elenans* a dos de los aislamientos de nematodos, se estableció un ensayo a nivel *in vitro*, para ello se inocularon las larvas de jobotos con 6 de los aislamientos de nematodos. Las larvas se colocaron en vasos que se revisaron dos veces por semana durante 1 mes para ver el estado de las larvas y para alimentarlas. Para determinar si había diferencia en la susceptibilidad de los jobotos entre un estadio y el otro se inocularon larvas L2 y L3 con la cepa A1, procedente del manejo "cerca arbolada".

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Establecimiento del Pie de Cría de Jobotos

El ciclo de los Jobotos duró en promedio, en condiciones de laboratorio 278 días a partir del estadio L1, la fase de huevo a L1 fue muy variable con la mayoría de huevos eclosionando a los 12 días. La obtención de esta información es muy importante ya que permite programar las fechas en las que se realizarán los bioensayos.

CUADRO 2  
Duración de los diferentes estadios de *P. elenans*  
en condiciones de laboratorio.

ESTADÍOS	Número de días			
	L1-L2	L2-L3	L3-Pupa	Pupa-Adulto
Promedio 101 individuos	20	16	170	33
Valor mínimo	5	7	136	12
Valor máximo	74	42	189	52

### 2. Aislamiento de Nemátodos

Se aislaron nematodos entomopatógenos a partir de la mayoría de sistemas estudiados indicando que las fincas con manejo orgánico constituyen una fuente de microorganismos benéficos (Cuadro 3). Los barbechos eran muy jóvenes (<3 meses) es por ello que, probablemente no se encontró la presencia de nematodos

CUADRO 3  
Aislamiento de nematodos entomopatógenos.

ZONA	Manejo	Presencia de NEP	Susceptibilidad a <i>P. elenans</i> *	
Los Santos 1	Café	+	X	+
	Bosque	+	X	-
Los Santos 2	Café	+		
	Bosque	+		
	Culantro	+		
Zarcero 1	Barbecho	-		
	Bosque	+		
	Culantro	-		
Zarcero 2	Arracache	+		
	Barbecho	-		
	Cerca Arbolada	+	X	+
	Yuca orgánica	+	X	-
Atlántica	Yuca convencional	+	X	+
	Bosque	+	X	+

\*Cepas evaluadas en *Phyllophaga elenans* (X), causan mortalidad de *P. elenans* (+), no tienen efecto (-).

a diferencia de los manejos Cerca Arbolada y Bosque. Todos los aislamientos causaron la muerte de *Tenebrio molitor* y *Galleria mellonella*.

De los seis aislamientos evaluados a nivel de laboratorio por su capacidad de infectar el estadio L2 de *P. elenans*, (Cuadro 3), se encontró que los nematodos procedentes de los manejos café (*Coffea arabica*) en Los Santos, Cerca Arbolada en Zarcerro, y Yuca (*Manihot sculenta*) Convencional y Bosque en la zona Atlántica, causaron muerte de las larvas de *P. elenans*. Los mayores porcentajes de infección se presentaron con la cepa procedente del sistema "Cerca Arbolada".

Con la cepa, procedente del manejo "Cerca Arbolada", se evaluó la capacidad de infectar el estadio L2 y L3, encontrándose que a concentraciones de 50 nem/ml, 75 nem/ml y 100 nem/ml el porcentaje de larvas de *P. elenans* infectadas fue similar en ambos estadios, en L2 de 40%, 60% y 40% y 10%, 30% y 20% en L3, respectivamente. En futuros ensayos se utilizarán con esta cepa una mayor dosis de nematodos con el fin de determinar si se obtiene una mejor respuesta.

A futuro es necesario evaluar los otros aislamientos de nematodos encontrados, identificarlos de manera específica y evaluar a nivel de campo las cepas promisorias. Se realizarán además colectas en fincas de caña con el fin de buscar nematodos adaptados a las condiciones del cultivo.

## LITERATURA CITADA

1. Boemare, N.; Givaudan A.; Brehelin, M.; Lumond, C. 1997. Symbiosis and pathogenicity of nematode-bacterium complexes. *Symbiosis*. 22:21-45.
2. Bowen, D. J.; Ensing J. C.. 1998. Purification and characterization of a high molecular weight insecticidal protein complex produced by the entomopathogenic bacterium *Photorhabdus luminiscens*. *Appl. Environ. Microbiol.* 64: 3029-3035.
3. Burnell, A. M.; Stock S. P. 2000. *Heterorhabditis*, *Steinernema* and their bacterial symbionts, lethal pathogens of insects. *Nematology*. 2:31-42.
4. \_\_\_\_\_. 2002. Manual para el combate del salivazo y el Joboto en el cultivo de caña de azúcar. DIECA, Costa Rica.
5. Landazabal, A.; Fernández, F.; Figueroa, A. 1973. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), con el nematodo : *Neoplectana carpocapsae* en maíz (*Zea mays*). *Acta agronómica*. 23: 41-70.
6. Lola-Luz, T.; Downes, M.; Dunne, R. 2005. Control of Black Vine Weevil larvae *Otiorhynchus sulcatus* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) in grow bags outdoors with nematodes. *Agricultural and Forest Entomology* 7:121-126.
7. Stock, S.P. 2004. Biología, Ecología y Sistemática de nemátodos parásitos de insectos. Una alternativa en el manejo integrado de plagas agrícolas y urbanas. Manual de Laboratorio. Taller 22 al 26 de marzo, 2004. Universidad de Costa Rica. 80 p.

# EVALUACIÓN DE TRAMPA TIPO BALDE PARA EL USO DE FEROMONA SEXUAL EN CAPTURA DE ADULTOS DE *PHYLLOPHAGA ELENANS* (COLEOPTERA : SCARABAEIDAE), EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR. CENTRAL AZUCARERA TEMPISQUE. CATSA. COSTA RICA

Jesús Vargas Acosta

Depto. Investigación CATSA. E-mail: jevargas@catsa.net

## RESUMEN

Desde el año 1992 CATSA desarrolla un programa de manejo integrado de la plaga, identificada como *Phyllophaga elenans*. En estado de larva se caracteriza por destruir el sistema radicular de la caña de azúcar. Para su control se han integrado prácticas culturales, químicas, biológicas y etológicas. Sin embargo, el control Etológico se ha constituido en un control eficaz y de gran impacto en la reducción poblacional del estado adulto de la plaga, con el propósito de romper su ciclo reproductivo. Su implementación se remonta a 1996, con el aporte de diferentes instituciones de investigación se identificó, sintetizó y evaluó una feromona sexual (Isoleucine methyl ester) para la atracción del adulto de *Phyllophaga elenans*. Como trampa para la colocación de la feromona inicialmente se evaluaron varios diseños, donde sobresalió con mayor captura de adultos y menor inversión económica la utilización de recipientes de plásticos de 20 litros (pichingas) abierto en sus costados (4 ventanas), estos recipientes provenían de envases de herbicida que luego eran convertidos en trampas, sin embargo, en la actualidad la formulación de estos productos ha cambiado a granulado dispersable de presentación en bolsas lo que limita su alternativa de uso como trampa. Por el hecho, de que el programa de uso de feromonas contempla por ciclo la utilización de 1500 a 2000 unidades, donde se requiere el reemplazo de trampas deterioradas e integración de nuevas áreas cañeras, se necesita la búsqueda de nuevas alternativas de trampas siempre bajo el concepto de material reutilizable que mantenga igual o superior eficacia en captura que la trampa utilizada tradicionalmente. Con este objetivo se evaluó un balde de plástico de igual capacidad y su respectiva tapa que es un envase desechable proveniente del uso de rodenticidas, el estudio se estableció del 23-05-05 al 6-06-05. Al final se encontró una diferencia estadística significativa mayor ( $p < 0.05$ ) de captura de la trampa tipo balde con respecto a la de ventanas, con un 44% de incremento de captura. Adicionalmente se identificaron una serie de ventajas de manejo práctico de este diseño sobre el de ventanas.

## INTRODUCCIÓN

En Central Azucarera Tempisque S.A. (CATSA) se consideran de mucha importancia, las larvas de los abejones de la familia Scarabeidae, conocidas como "gallina ciega" o "jobotos", las cuales destruyen el sistema radicular provocando amarillamiento en las hojas, crecimiento raquítico y volcamiento de las plantas.

En esta empresa desde 1992 se viene desarrollando un programa de manejo integrado de esta plaga, identificada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) como *Phyllophaga elenans*,

corroborado por el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBIO) (Chacón et al. 1999).

Los adultos del "abejón de Mayo" emergen del suelo con las primeras lluvias del mes de Mayo, fase que permanece hasta mediados de Junio. Las hembras se aparean con el macho generalmente por la noche, luego tanto el macho como la hembra se separan y se alimentan de las hojas de los árboles de Poró (*Erythrina poeppigiana*), Malinche (*Caesalpinia pulcherrima*) y Guácimo (*Guazuma spp*) Una hembra puede poner de 100 a 140 huevos en grupos de 10 a 20 durante un periodo de 2-4 días. Las primeras larvas aparecen de 12 a 14 días. En

un periodo de 21 a 34 semanas, las larvas pasan por tres etapas, donde la tercera es la de importancia económica, en el cultivo de caña se presenta a finales de Agosto y Septiembre (Badilla 2002). El ciclo vital de *P. elenans* en regiones secas como Guanacaste es de dos años. Esto se debe a que el segundo estadio entra en un descanso que por regla general dura nueve meses (King 1994).

En 1994 en un estudio para determinar la distribución de especies de *Phyllophaga* en regiones cañeras de Costa Rica, en CATSA se encontró un promedio de larvas / m<sup>2</sup> de 20.3 con una variación de 9.1 hasta 35.2 larvas / m<sup>2</sup>, en este mismo año con la utilización de trampas de luz el promedio de captura en 33 días fue de 2105 adultos / noche / trampa, las mayores capturas se produjeron entre el cuarto y octavo día después del inicio de las lluvias (Badilla 2005).

El control de esta plaga en las plantaciones de caña de azúcar se debe de considerar estrictamente integrado, dirigido a la fase adulta y larval, mediante prácticas culturales, físicas y biológicas. En CATSA según esquema mostrado en la Figura 1, prácticas como la preparación del suelo en verano (Ene, Feb, Mar) para la siembra de plantaciones de caña y el laboreo en el entresurco de retoños con implementos como el subsuelo, subescarificado y escardillo son actividades importantes para la eliminación en el ciclo de fases como pupas, larvas y a finales de Marzo y Abril de adultos inactivos en celdas esperando ser estimulados con las primeras lluvias. Con el inicio de las primeras lluvias de Mayo hasta finales de Junio se establece el programa de control de adultos empleando trampas de luz, feromonas sexuales, aplicación dirigida en la noche de insecticida a árboles trampa. Por otro lado, la rotación anual de 500 ha de arroz irrigado con caña de azúcar se ha constituido en un factor importante para romper el ciclo de la plaga en esta área. Es probable que el programa agresivo que se estableció desde 1994 haya reducido significativamente el daño económico ocasionado por esta plaga, en los últimos años no se ha vuelto a realizar monitoreos de población de larvas, sin embargo, tampoco se observan los daños característicos en los cañales por efecto de las larvas como al inicio del programa. En la actualidad se ha reducido el empleo de trampas de luz, y se eliminó la utilización de insecticida hacia los árboles trampa. El uso de feromonas sexuales se ha incrementado significativamente. Y las labores de preparación de suelo se ha mejorado con la adquisición de implementos de mejor diseño y calidad. Y descartado totalmente el uso de insecticidas granulados al suelo para esta y otras plagas.

Las feromonas sexuales son altamente específicas y su uso para el control de insectos no interfiere otras interacciones biológicas dentro de un sistema de cultivo. La mayoría de las feromonas sexuales son producidas por las hembras y provocan respuesta en los machos de

su propia especie, por ello se han utilizado como métodos de interrupción del apareamiento y sobre todo en el monitoreo de poblaciones. Existen diversos obstáculos que impiden un mayor desarrollo y una total aceptación de las feromonas en un programa MIP con fines de reducción de poblaciones. Entre estos el limitado impacto que se provoca en el tamaño de las subsecuentes generaciones del insecto plaga al solo capturar machos (Romero-López et al, 2005). En CATSA para reducir esta limitante se generó información básica sobre la identificación del ciclo biológico del insecto, diseño de trampa más eficiente, ubicación, distribución y número de trampas adecuadas / ha. Combinación de las trampas con la feromona sexual cerca de plantas fuente de alimento de los adultos. Hasta el momento este componente forma parte importante el programa MIP de manejo de la plaga *Phyllophaga elenans*. Como trampa para la colocación de la feromona inicialmente se evaluaron varios diseños, donde sobresalió con mayor captura de adultos y menor inversión económica la utilización de recipientes de plásticos de 20 galones (pichingas) abierto en sus costados (4 ventanas), estos recipientes provenían de envases de herbicida que luego eran convertidos en trampas, sin embargo, en la actualidad la formulación de estos productos ha cambiado a granulado dispersable de presentación en bolsas lo que limita su alternativa de uso como trampa. Por el hecho, de que el programa de uso de feromonas contempla por ciclo la utilización de 1500 a 2000 unidades, donde se requiere el reemplazo de trampas deterioradas e integración de nuevas áreas cañeras, se necesita la búsqueda de nuevas alternativas de trampas. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar un nuevo diseño de trampa, bajo el concepto de material reutilizable que mantenga igual o superior eficacia en captura que la trampa utilizada tradicionalmente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en Central Azucarera Tempisque (CATSA) ubicada en el Cantón de Liberia, Provincia de Guanacaste, Costa Rica. Específicamente en la Zona 2, sección Toros, a una altitud de 20 msnm. Geográficamente se encuentra entre los 85° 27' y 25° 32' de longitud Oeste, y entre los 10° 25' y 10° 32'.

El periodo de evaluación comprendió del 23 de Mayo al 6 de Junio 2005. Para este año el invierno se inició el 16 de Mayo, al momento de establecer el estudio el acumulado de lluvias era de 142 mm. Y durante los 14 días del periodo de evaluación se registró un acumulado de 134 mm. Con una temperatura media de 27.69 C°.

Se evaluaron dos tratamientos: A- Trampa de ventanas (Foto 1). B- Trampa de balde (Foto 2). Los dos tipos de envases tienen una capacidad original de 20 litros. Se

utilizaron 16 trampas por tratamiento en un diseño experimental completamente al azar. Se aplicó una prueba de T para el análisis estadístico de los datos.

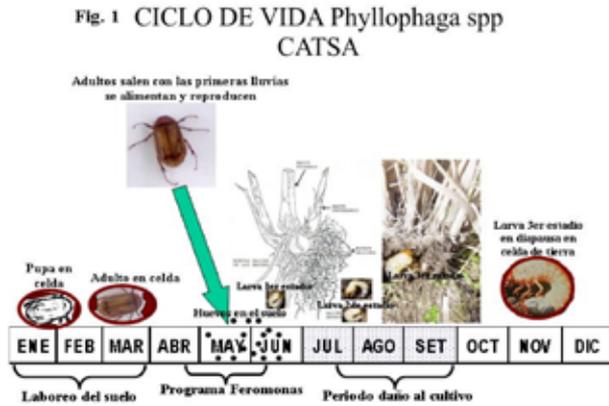


Foto 1: Trampa diseño 4 ventanas.



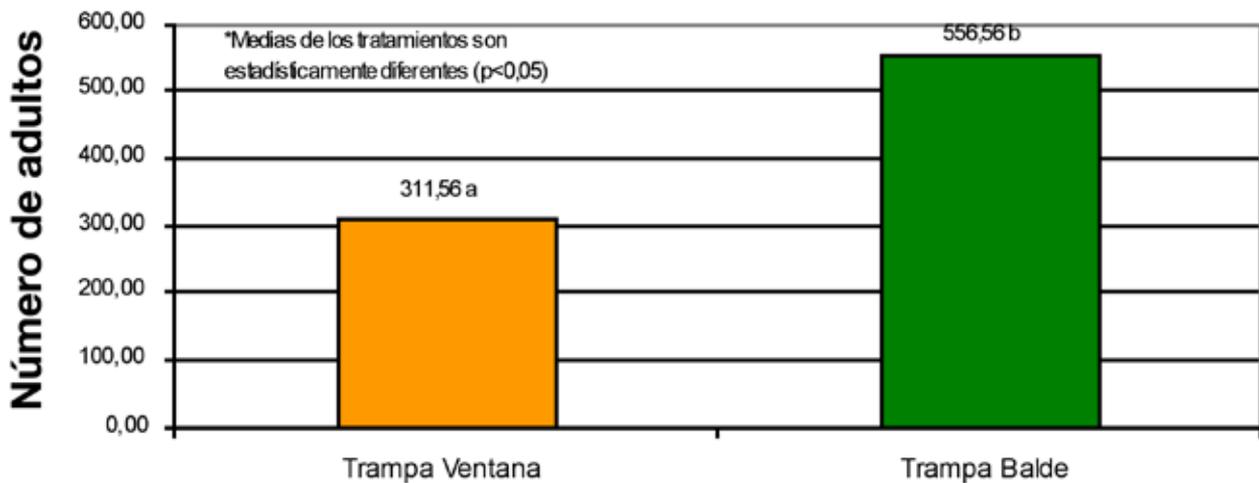
Foto 2: Trampa diseño balde.

Las trampas se ubicaron en grupos de dos con una separación de 2 metros y los grupos separados aproximadamente por una distancia de 30 metros. Las trampas se distribuyeron en una área con un historial muy homogéneo de captura de adultos, contemplando también la presencia de una buena distribución de árboles de Malinche (*Caesalpinia pulcherrima*), como fuente de alimento muy importante para los adultos. Se programaron durante 14 días conteos de captura de adultos / día / trampa. Después de cada conteo a la trampa se le cambia totalmente la mezcla de agua con jabón, que es el medio utilizado para que el adulto no logre escapar y muera por inmersión en el agua.

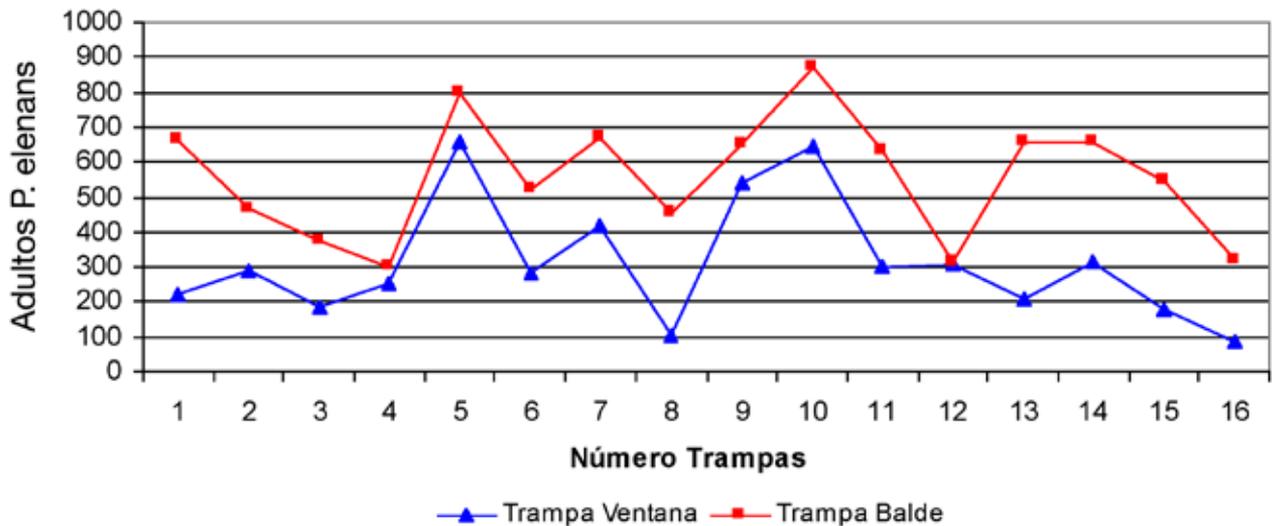
Adicionalmente se anotaron observaciones generales de manejo práctico del diseño de balde con respecto al de ventanas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la Figura 2 el valor promedio de captura de adultos de *Phyllophaga eleanans* en los 14 días de evaluación para la trampa de diseño de balde es de 557. Para la trampa diseño ventanas es de 312 adultos. Evidentemente existe una diferencia entre ambos promedios de 245 adultos, lo cual representa un 44% de mayor captura de adultos de la trampa Balde sobre la de Ventanas. Por otro lado, para determinar si este valor representa diferencia significativa para la variable captura por el diseño de trampas, el análisis estadístico encuentra una razón de T con un valor de 4 que al compararla con el valor de la tabla de T de 2.042



**Fig 2. Captura promedio \* de número de adultos por diseño de trampa (16 trampas / diseño). Periodo evaluación 23-05-05 al 07-06-05. CATSA**



**Fig 3. Captura total e individual de número de adultos por tipo de trampa. Periodo de evaluación 23-05-05 al 7-06-05. CATSA**

con un nivel de significancia de 0.05 y 30 grados de libertad. Se encuentra que efectivamente la probabilidad estimada que la hipótesis nula sea verdadera (es decir que no exista diferencia significativa de captura de adultos por diseño de trampa) es menor 5 por 100 ( $p < 0.05$ ), por lo tanto, los datos son lo suficientemente significativos para llegar a la conclusión que la diferencia no depende solo de la casualidad.

El 88% de las trampas utilizadas en el tratamiento diseño balde superaron en captura al final del periodo de evaluación al diseño ventana, como se aprecia en la Figura 3 lo que demuestra la efectividad de este nuevo diseño.

La diferencia marcada en captura de adultos de la trampa diseño balde con respecto a la tradicional diseño ventanas, esta relacionada con varios aspectos, este diseño muestra mejor exposición de la feromona al ambiente para atraer al adulto y la manera de que el adulto pueda caer al fondo del recipiente con mayor efectividad, se relaciona con la ubicación de la tapa que funciona como una especie de "escudo" que al ubicarle la feromona en una pequeña ventana en su centro, el adulto va a pegar y rápidamente cae dentro del balde que contiene agua con jabón. La ubicación de la feromona es estratégica al quedar al descubierto, el aroma le llegará más rápido al adulto por efecto del viento. La misma forma del balde por sus paredes hace más difícil que el adulto logre escapar aún si la trampa esta llena. En cuando a manejo ya práctico en el campo la trampa de balde tiene otra serie de ventajas sobre la de ventanas, entre las que sobresale su capacidad de almacenamiento de agua, en este caso permite un periodo en días más prolongado para el cambio o relleno de agua con jabón.

Por su forma es una trampa más estable en el suelo por lo tanto es más difícil que algún objeto la vuelque. En su confección se desecha poco material plástico, solamente sería el sobrante de la pequeña ventana que se le hace a la tapa para colocar la feromona. También por su forma, ya colocada en el suelo hace que la maleza no le provoque una barrera física que impida que el adulto llegue a su objetivo. Todos estos aspectos favorables del diseño de la trampa de balde sobre la de ventanas hacen la diferencia en la eficiencia de captura de abejones (*Phyllophaga elenans*).

## CONCLUSIONES

1. La trampa diseño balde mostró diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) sobre la captura de adultos de *P. elenans* con respecto a la trampa de ventanas.
2. Al final del periodo de evaluación la trampa de balde logró capturar un 44% más de adultos de *P. elenans* en comparación con la trampa de ventanas.
3. La ubicación de la feromona y la tapa como escudo son dos aspectos importantes de diseño considerados ventajosos en el incremento de captura de la trampa de balde sobre la de ventanas.
4. Además del incremento en la eficiencia de captura de adultos, la trampa de balde mantiene el objetivo de darle uso a materiales que en otras condiciones pueden ser fuente de contaminación ambiental.

5. Durante todo el proceso de evaluación la trampa de balde mostró estabilidad de mayor captura de adultos sobre la trampa de ventanas.

### LITERATURA CITA

1. BADILLA, F. 2002. Biología y Control de *Phyllophaga* spp (Coleoptera: Scarabaeidae) en el Cultivo de la Caña de Azúcar. Memorias del XIV Congreso de Técnicos Azucareros de Centro América. ATACA. Guatemala.
2. BADILLA, F.; CHACON, M; SAENZ, C. 2005. Utilización de trampas de luz para la captura de adultos de *Phyllophaga* spp en Caña de Azúcar. Costa Rica. Consultado 24 Junio 2006. Disponible en <http://web.catie.ac.cr/informacion/rmip/rmip51/badilla-2.html>
3. CHACÓN, M.; OEHLSCHLAGER, A.; GONZALEZ, L.; ANDRADE, R.; LEAL, W. 1997. Feromona una alternativa nueva en el combate de *Phyllophaga elenans*. Memorias 11<sup>avo</sup> Congreso de Técnicos Azucareros de Costa Rica. ATACORI. San Carlos. Costa Rica
4. KING, A,B,S. 1994. Biología, identificación y distribución de especies económicas de *Phyllophaga* en América Central. Seminario Taller Centroamericano sobre la Biología y Control de *Phyllophaga* spp. Turrialba, Costa Rica. CATIE (Serie Técnica. Informe Técnico / CATIE; n° 277.
5. ROMERO-LOPEZ; A.A. ARZUFF, R; MORON, M. 2005. Feromonas y Atrayentes Sexuales de Coleópteros Melonothidae de importancia agrícola. Folia Entomol. Mex. 44 (2): 223-245.

# DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE PERDIDA Y GRADO DE DAÑO PROVOCADO POR LA RATA CAÑERA (*SIGMODON HISPIDUS*), EN PLANTACIONES DE CAÑA DE AZÚCAR. INGENIO TABOGA, CAÑAS GUANACASTE

Álvaro Angulo M<sup>1</sup>

Albar Conejo B<sup>2</sup>

e-mail: angulo@laica.co.cr, alvarconejo@hotmail.com

1 Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar

2 Ingenio Taboga

## RESUMEN

Las ratas son un grupo de vertebrados que se caracterizan por su extraordinaria capacidad adaptativa a diferentes nichos ecológicos, lo cual les ha permitido colonizar grandes áreas de cultivos en el mundo. El daño que causa este roedor a la caña de azúcar está relacionado básicamente con el destroz de los tallos, con el perjuicio en la calidad del jugo en la fábrica, y con la transmisión de enfermedades; asimismo afectan las yemas germinativas de los semilleros. *Sigmodon hispidus* se constituye en el principal roedor plaga que afecta la caña de azúcar en Continente Americano. Se estima que las pérdidas ocasionadas por esta plaga oscilan entre el 8 % y 30% de azúcar por hectárea. Con el objeto de estimar las pérdidas de caña y azúcar provocadas por la rata "cañera", se justifica la evaluación del factor de pérdida en función del grado de daño en plantaciones de caña de azúcar del Ingenio Taboga, Cañas Guanacaste, a una elevación de 23 msnm; localizado a 10° 20' 96" latitud norte y 85° 10' 79" de longitud oeste. Se evaluaron 12 tratamientos correspondientes a la combinación de dos factores; el grado de daño (leve, moderado, fuerte y severo) con tres niveles de intensidad de infestación (I.I) 5%, 10% y 15%, además de un testigo (sano), la evaluación se realizó con la variedad SP 81 2086. El análisis de resultados indica que no hubo diferencias estadísticas significativas ( $P > 0,05$  Tukey), para las variables industriales (Brix, Pol, Pureza, Fibra y Rendimiento Industrial), sin embargo la pérdida de caña y por hectárea sí mostró diferencias estadísticas significativas. Se confirma pérdidas provocadas por la rata entre 1,44 y 29,7 t caña /Ha y 0,17 y 3,62 t Azúcar /Ha respectivamente; asimismo se encontró que el mayor efecto de pérdidas fue por el grado de daño. El factor de pérdida reveló que por cada 1 % de I.I se pierde entre 0,014 a 0,297 t caña /Ha y entre 0,019 a 0,402 Kg Azúcar /TM. Se demostró en la evaluación que las mayores pérdidas económicas provocadas por el roedor oscilaron los \$271.992 equivalentes \$468,87 por hectárea. Se concluye indicando que las pérdidas económicas son considerables a cualquier nivel de daño del roedor.

## INTRODUCCION

Universalmente los roedores (ratas y ratones) han sido un problema muy serio para el hombre a través de los años. Los roedores causan pérdidas cuantiosas en el campo agrícola, industrial y de salud pública; a nivel mundial se estima que los roedores ocasionan pérdidas agrícolas en el orden del 10 % producto del consumo, destrucción y contaminación de los alimentos.

Las ratas en el cultivo de caña de azúcar ocasionan graves daños y en consecuencia pérdidas considerables

en los campos agrícolas; por ejemplo causan destroz de los tallos "molederos", afectan la calidad del jugo de la materia prima que ingresa al ingenio, y además se ha comprobado que son agentes vectores de enfermedades de importancia económica en el cultivo como son; escaldadura foliar y raquitismo de los retoños (*Clavibacter yylli*).

Por lo general el cultivo de caña de azúcar proporciona un ambiente favorable para la reproducción y establecimiento de poblaciones de ratas, las cuales en un momento dado adquieren el estatus de plaga. La caña

es un cultivo que provee de refugio, es fuente de alimento y también sirve de protección de los depredadores cuando la plantación adquiere el "cierre" del follaje.

*Sigmodon hispidus* se constituye en el principal roedor plaga que afecta los cultivos agrícolas en Centroamérica, principalmente cuando se refiere al cultivo de caña de azúcar establecido en sectores de bajura.

En Costa Rica la distribución de este roedor es reconocida especialmente en el Pacífico Norte (Guanacaste) y el Pacífico Central (Puntarenas), también existen evidencias de poblaciones en la región Norte del país (San Carlos). Se ha determinado que el incremento en la población de roedores (ratas) ocurre normalmente cada cinco años, o sea son cíclicas que en ciertos años alcanzan densidades de población muy altas y luego por razones que no se han determinado suficientemente, declinan notoriamente su densidad poblacional (Dieseldorff, 1999). La intensidad de esta especie está relacionada directamente con algunos factores del ambiente: índice de población natural de hembras remanentes, cantidad de alimento, refugio disponible, y la relación biótica de depredador / presa.

El perjuicio que causa este roedor en caña de azúcar es variado; por ejemplo el principal daño se ubica en la base de los tallos, donde predisponen al acame y muerte de estos, del mismo modo se ha observado daño a nivel de los entrenudos, especialmente en aquellos tallos que están inclinados y donde la roedura puede alcanzar en algunos casos la totalidad del tallo. Otra forma de daño frecuente son las lesiones que afectan las yemas germinativas en aquellas áreas de cultivo que se han destinado para semilla.

En nuestro país no existen estimaciones consistentes de las pérdidas ocasionadas por esta especie. Sin embargo existen reportes de otras regiones del continente Americano y el Caribe que cual reportan pérdidas importantes en los cultivos a causa de las ratas y fluctúan entre 8 % y 10%; precisamente en caña de azúcar se estima según los diagnósticos que afectan el rendimiento de azúcar entre un 10 a 30% (Armada, 1995). Asimismo (Dieseldorff, 1999) señala que la caña es vulnerable al ataque de ratas, y la destrucción oscila aproximadamente el 3 % de la producción mundial de caña, lo cual significa en términos económicos una pérdida aproximada de \$ 40 /Ha.

## OBJETIVO

El objetivo principal del siguiente trabajo, consistió en determinar el factor de pérdida (%) en función del grado del daño provocado por la rata "cañera" (*Sigmodon*

*hispidus*) en plantaciones de caña de azúcar, y su impacto económico en la región de Guanacaste.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en plantaciones de caña de azúcar de uso comercial del Ingenio Taboga, ubicado en el cantón de Cañas provincia Guanacaste, a una elevación de 23 msnm y localizado 10° 20' 96" latitud norte y 85° 10' 79" de longitud oeste. La evaluación se realizó durante el periodo de zafra 2004/2005, justamente durante el mes de marzo del 2005. De acuerdo a la observación de campo se precisaron cuatro grados de daño provocados por la rata (leve, moderado, fuerte y severo) y un testigo (sano), coincidente con la descripción (Lefebvre et al, 1978). También se evaluó el efecto de tres niveles de intensidad de infestación (5%, 10% y 15%) provocados por el roedor.

El tamaño de la muestra consistió para cada tratamiento de 20 entrenudos, correspondientes al promedio observado de los tallos en la variedad SP 81 2068. Se tomaron muestras de tallos afectados con roeduras de diversos grados de daño e intensidades de infestación. Los tratamientos consistieron en la combinación de ambos factores y los mismos se aplicaron en cuatro replicas, cuadro 1. Se midió el peso de cada tratamiento para determinar la reducción del tonelaje /Ha, también se realizó análisis de laboratorio con el propósito de evaluar las variables industriales (Brix, Pol, Fibra, Pureza y Rendimiento Industrial), además se realizó un comparación económica para medir el impacto de daño por esta plaga.

## DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

### Grado de daño

- A: Sano (sin daño)
- B: Daño leve. Tallo roído sin ruptura de cáscara, con yema comida
- C: Daño moderado. Tallo roído al menos el 25% del entrenudo, con ruptura de cáscara
- D: Daño fuerte. Tallo roído entre el 25% y 50 % del entrenudo
- E: Daño severo. Tallo roído más del 50% del entrenudo

### Niveles de Intensidad de Infestación (II)

- 1: Nivel del 5%. Significa un entrenudo afectado
- 2: Nivel del 10%. Significa dos entrenudos afectados
- 3: Nivel del 15%. Significa tres entrenudos afectados

CUADRO 1

Distribución de los Tratamientos según Grado de Daño e Intensidad de Infestación. Ingenio Taboga, Cañas Guanacaste

Grado de Daño	Intensidad Infestación (%)	Total entrenudos	Repeticiones
Sano (Testigo)	A	20	4
	A	20	4
	A	20	4
Leve (b)	B - 5	19 +1	4
	B - 10	18 +2	4
	B - 15	17 +3	4
	C - 5	19 +1	4
Moderado (c)	C - 10	18 +2	4
	C - 15	17 +3	4
	D - 5	19 +1	4
Fuerte (d)	D - 10	18 +2	4
	D - 15	17 +3	4
	E - 5	19 +1	4
Severo (e)	E - 10	18 +2	4
	E - 15	17 +3	4

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos se evidencio en la evaluación que no hubo diferencias estadísticas significativas, entre los tratamientos (grado de daño / intensidad de infestación y su interacción) ( $P > 0.05$  Tukey) para las variables industriales; sin embargo la pérdida de peso (Caña /Ha) y en consecuencia la de Azúcar/Ha si mostraron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ). El mayor efecto sobre la disminución de los rendimientos agrícolas (t caña/Ha) ocurrió por el grado de daño. De él mismo modo el nivel de intensidad de infestación también provoco efectos perjudiciales en los rendimientos de caña y azúcar.

Se encontró en forma general que todos los tratamientos donde existió daño mostraron pérdidas de caña y azúcar importantes, asimismo se determino un incremento proporcional de pérdidas porcentual de caña según la severidad de daño (grado) e intensidad de infestación (I.I), las mismas oscilaron entre 1,59 % y 32,36 % Figura 1. La combinación (grado severo x 15 % I.I) fue el tratamiento con la mayor pérdida, pues los destrozos de la rata significaron una reducción importante en la producción de 29,12 t caña /Ha y 3.54 t Azúcar /Ha respectivamente, Cuadro 2. Al contrario los tallos que presentaron lesiones leves en sus entrenudos, mostraron pérdidas permisibles de caña y azúcar.

De acuerdo a la evaluación se demuestra que no existió efectos marcados en la calidad de los jugos de la caña por daños del roedor, por ejemplo el rendimiento industrial mostró una tendencia inconsistente, tanto para el grado de daño como el nivel de intensidad de infestación, probablemente se deba a la distribución heterogenea de los entrenudos en la muestra (maduros – inmaduros), lo cual minimizo el efecto por grado de daños, Figura 2.

Se evidenció que la de pérdida de caña y azúcar fue diferenciado entre los niveles de intensidad de infestación (I.I), Cuadro 3 y 4. Se confirma en términos generales que por cada 1 % de I.I se pierde aproximadamente entre 0,014 y 0,297 t caña /Ha; similarmente se pierde azúcar entre 0,019 a 0,402 Kg Azúcar /TM. Eventualmente cuando se analiza por separado cada nivel de infestación encontramos un variación marcada por efecto del grado de daño en cada nivel de I.I.

El estudio económico muestra que las ratas son una plaga de importancia económica en el cultivo de caña de azúcar, pues el daño que causan alcanza cifras alarmantes. A través de la evaluación de campo se valoro el impacto económico por nivel de infestación y grado de daño. La estimación de pérdidas se refiere al azúcar potencialmente no aprovechable por el daño de la rata. Se tomo como referencia la producción del lote donde se realizo el estudio, también se considero el precio de liquidación del azúcar en régimen de "cuota", los costos de cosecha fueron los correspondientes de la Zafra 2004/2005 que la compañía azucarera (Ingenio Taboga) aplica por concepto de este rubro.

El análisis indica que en todos los casos donde se presento daño por el roedor se manifestó en pérdidas cuantiosas, siendo creciente conforme el nivel de infestación y grado de severidad aumentan. La mayor pérdida económica se registro cuando las ratas alcanzaron un destroz en los entrenudo de grado severo, con al menos tres entrenudos afectados en los tallos (15 % I: I) correspondiente a ¢ 273.669/ Ha ( \$ 583.68), Cuadro 5. Aun las pérdidas económicas pueden ser mayores a las estimadas, ya que en ciclos biológicos donde la especie alcanza densidades de población alta, los daños son elevados en las plantaciones caña de azúcar de los productores (Angulo, 1995).

## CONCLUSIONES

Sigmodon hispidus es el típico roedor plaga que afecta drásticamente los rendimientos de agroindustriales en el sector azucarero, su daño se caracteriza por el destroz y contaminación de la materia prima que ingresa a fabrica, asimismo por el perjuicio que provoca en los semilleros agrícolas de los productores.

CUADRO 2

Resultados Agroindustriales debido al efecto del grado de daño e intensidad de infestación, provocado por *Sigmodon hispidus* en plantaciones de caña de azúcar. Ingenio Taboga. Cañas Guanacaste.

Tratamientos Grado D. I. I	Por ciento				Rendimiento Industrial Kg Azúcar/t	Reducción / Ha	
	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar
Sano (testigo)	19,60	14,11	89,68	14,83	121,10	-	-
Sano (testigo)	19,50	13,82	89,68	14,83	121,10	-	-
Sano (testigo)	19,83	14,25	89,68	14,83	121,10	-	--
<b>Subtotal P.</b>	<b>19,64</b>	<b>14,06</b>	<b>89,68</b>	<b>14,83</b>	<b>121,10</b>	-	-
Leve 5%	20,00	14,54	88,40	13,74	118,05	1,44	0,17
Leve 10%	19,20	14,02	87,16	14,25	107,95	9,00	0,97
Leve 15%	19,33	14,06	87,38	14,47	111,05	9,90	1,09
<b>Subtotal P.</b>	<b>19,51</b>	<b>14,20</b>	<b>87,65</b>	<b>14,15</b>	<b>112,35</b>	<b>6,78</b>	<b>0,74</b>
Moderado 5%	19,00	13,91	88,66	14,55	119,01	18,00	20,14
Moderado 10%	19,88	14,48	90,68	14,36	124,95	18,90	2,36
Moderado 15%	19,78	14,28	89,16	14,00	120,43	19,80	2,38
<b>Subtotal P.</b>	<b>19,55</b>	<b>14,22</b>	<b>89,50</b>	<b>14,30</b>	<b>121,46</b>	<b>18,90</b>	<b>2,29</b>
Fuerte 5%	19,45	14,09	89,19	15,58	119,01	18,00	2,14
Fuerte 10%	19,23	13,90	89,67	14,72	123,03	19,80	2,44
Fuerte 15%	19,63	14,52	86,43	14,46	117,24	25,20	2,95
<b>Subtotal P.</b>	<b>19,44</b>	<b>14,17</b>	<b>88,43</b>	<b>14,92</b>	<b>119,76</b>	<b>21,00</b>	<b>2,51</b>
Severo 5%	19,45	14,25	85,97	14,26	114,61	18,90	2,17
Severo 10%	19,45	14,75	85,65	15,04	112,58	27,90	3,14
Severo 15%	19,90	14,12	88,16	14,16	121,83	29,12	3,54
<b>Subtotal P.</b>	<b>19,77</b>	<b>14,37</b>	<b>86,60</b>	<b>14,48</b>	<b>116,34</b>	<b>25,30</b>	<b>2,95</b>
<b>Promedio G.</b>	<b>19,60</b>	<b>14,20</b>	<b>88,37</b>	<b>14,54</b>	<b>118,20</b>	<b>18,00</b>	<b>2,12</b>
CV %	4,26	4,84	2,21	5,80	5,75	15,33	7,45

Referencia de producción del lote: 90 t caña/Ha

CUADRO 3

Factor de Perdida para las Toneladas de Caña / Ha, según Grado de Daño e Intensidad de Infestación. Ingenio Taboga. 2005

Grado Daño	Intensidad de Infestación (I.I)					
	5 %		10 %		15 %	
	T caña/ Ha	Factor P.	T caña / Ha	Factor P.	T caña / Ha	Factor P.
Sano (Testigo)	-	-	-	-	-	-
Leve	1,44	0,014	9,0	0,09	9,90	0,099
Moderado	13,50	0,135	18,90	0,189	19,80	0,198
Fuerte	18,00	0,180	19,8	0,198	25,20	0,252
Severo	18,90	0,189	27,9	0,279	29,12	0,291
<b>Promedio</b>	<b>12,96</b>	<b>0,129</b>	<b>18,90</b>	<b>0,189</b>	<b>21,00</b>	<b>0,210</b>

CUADRO 4  
Factor de Perdida para las Toneladas de Azúcar / Ha, según Grado de Daño e Intensidad de Infestación. Ingenio Taboga, 2005

Grado Daño	Intensidad de Infestación (I.I)					
	5 %		10 %		15 %	
	T Azúcar/Ha HHa	Factor P. P.	T Azúcar/Ha	Factor P.	T Azúcar/Ha /Ha Ha	Factor P.
Sano (Testigo)	-	-	-	-	-	-
Leve	0,17	0,019	0,97	0,108	1,09	0,121
Moderado	1,55	0,172	2,36	0,262	2,38	0,264
Fuerte	2,14	0,237 „,241	2,44	0,271	2,95	0,328
Severo	2,17	0,241	3,14	0,349	3,54	0,402
Promedio	<b>1,51</b>	<b>0,168</b>	<b>2,23</b>	<b>0,247</b>	<b>2,49</b>	<b>0,278</b>

CUADRO 5  
Perdidas Económicas Netas por Efecto del Daño Provocado por *Sigmodon hispidus*, en Plantaciones de Caña de Azúcar, Ingenio Taboga. 2005

Grado Daño	Intensidad de Infestación (I.I)					
	5 %		10 %		15 %	
	T Azúcar/Ha HHa	Perdidas ¢	T Azúcar/Ha //Ha	Perdidas ¢	T Azúcar/Ha /Ha Ha	Perdidas ¢
Sano (Testigo)	-	-	-	-	-	-
Leve	0,170	12.687	0,97	69.539	1,09	78.918
Moderado	1,55	114.328	2,36	180.097	2,38	178.930
Fuerte	2,14	160.171	2,44	185.258	2,95	219.388
Severo	2,17	160.059	3,14	229.598	3,54	273.669
Promedio	<b>1,51</b>	<b>111.811</b>	<b>2,23</b>	<b>166.123</b>	<b>2,49</b>	<b>187.726</b>

Precio de liquidación azúcar en "cuota" zafra 2004/2005: ¢ 105,4633/ Kg. Costo cosecha: (¢3640 / T caña). Tipo de cambio: 1 \$ US / ¢ 468,87

El estudio determino que el daño que causa la rata "cañera" comprende dos elementos básicos de valoración, la severidad por efecto del grado de daño en los tallos, y el nivel de intensidad de infestación presente en la plantación, siendo el primero el de mayor impacto en las pérdidas de caña y azúcar /Ha.

Durante la evaluación no fue posible homogenizar el tipo de entrenudos (inmaduros y maduros), razón por la cual la calidad de los jugos no mostraron una tendencia clara por efecto de daño del roedor, principalmente vía rendimiento industrial (Kg Azúcar /TM), al contrario la reducción de toneladas de caña por hectárea si presento diferencias marcadas entre los tratamientos.

El factor de pérdida refleja la importancia de los niveles de intensidad de infestación del roedor, según el estudio se determino en términos generales la pérdida de caña y azúcar en el rango de: 0,014 a 0,297 t caña /Ha por cada 1 % de I.I, también se encontró pérdidas de azúcar entre 0,019 a 0,402 Kg Azúcar / t caña por cada 1 % de I.I

Se logra comprobar en el presente estudio que la interacción del grado de daño y la intensidad de infestación, provocan pérdidas importantes en el sector azucarero, las mismas oscilan en el orden de las 1.44 a 29.12 toneladas de caña por hectárea y 0.17 a 3.54 t azúcar /Ha, lo cual en términos económicos representa pérdidas considerables entre ¢ 12.687 a ¢ 273.669 por hectárea, respectivamente.

## LITERATURA CITADA

- 1) ANGULO, M, A. 1995. La Rata Cañera una Amenaza para los Cañeros. Entre Cañeros: 8 p.
- 2) ARMADA, G, 1995. Control de Roedores en Plantaciones de Caña de Azúcar. Instituto Cubano de Investigaciones del Azúcar y Departamento Fitosanitario. 9 p
- 3) DIESELDORFF, R; F. 1999. Fluctuaciones de la Densidad Poblacional de la Rata Cañera (*Sigmodon hispidus*) Durante un Ciclo de Cultivo de Caña de Azúcar (*Saccharum Officinarum*). Tesis Lic. Universidad de San Carlos de Guatemala. 4- 29 pp.
- 4) LEFEVRE I; Ingran, C; 1978. Assessment of rat damage to Florida Sugar Cane In: Proceedings. American Society of Sugar Cane Technology. Vol 7, p 75- 80.

