

Repulsión del lepidóptero del género *Copitarsia decolora* en un cultivo de flores a través de emisión de ultrasonido

Hernán Paz Penagos*, Édison Torrado León**, Marcela Rodríguez Ramírez***, Jaime Alejandro Pérez Rozo**** y Diana Marcela Pinzón Chaves*****

Resumen

Colombia se posiciona como el segundo país en el mundo en exportación de flor cortada, después de Holanda (Ceniflores, 2005); una de las grandes limitaciones que tiene este mercado es el problema de las plagas¹, que frecuentemente, y en forma indeseable, ingresan a las cajas de flores; para aquellas plagas encontradas en estados inmaduros² en los embarques de flores, se genera una

fumigación, la devolución completa del cargamento o la quema del mismo (Asocolflores, 2005). Teniendo en cuenta las pérdidas económicas que se pueden producir por esta eventualidad, se hace necesario tener un control de plagas; sin embargo, los métodos convencionales utilizados en Colombia para el control de las mismas en cultivos de flores tienen altos costos económicos y no son los más adecuados por la contaminación del medio ambiente. En este proyecto de investigación se hace una propuesta de control etológico, novedosa y altamente ecológica³, que consiste en el diseño y construcción de un dispositivo electrónico de emisión de frecuencias de ultrasonido que simule la presencia del predador natural (el murciélago) y de esa manera aleje a la *Copitarsia decolora* de los lugares en donde se empacan las flores (salas de poscosecha). En la primera fase del proyecto, ya concluida, se hizo una revisión bibliográfica sobre la fisiología auditiva de la polilla y sus conductas frente a la presencia del predador; así mismo, se identificaron los tipos de señales, nivel de intensidad, duración y frecuencias que emiten los murciélagos cuando cazan a sus presas⁴. Toda la información relacionada con los anteriores aspectos se presenta en forma resumida en este artículo.

Palabras claves: flores de corte, *Copitarsia decolora*, murciélago, simulador de ultrasonidos.

Abstract

Colombia, at world level, is positioned as the second country in export of cut flower, after Holland (Ceniflores, 2005); one of the big limitations that has this market is the problem of the plagues that frequently, and in an undesirable way, they enter to the boxes of flowers; for those plagues found in immature states in the shipments of flowers, a

fumigation, the complete refund of the shipment is generated or it burns it of the same one (Asocolflores, 2005). Keeping in mind the lost ones economic that can take place for this eventuality, it becomes necessary to have a control of plagues; however, the conventional methods used in Colombia for the control of the same ones in cultivations of flowers have high economic costs and they are not the most appropriate for the contamination of the environment. This investigation project makes a proposal of etologic control, novel and highly ecological, that consists on the design and construction of an electronic device of emission of ultrasound frequencies that he/she simulates the presence of the natural predator (the bat) and in that way it moves away the *Copitarsia decolora* of the places where the flowers are packed (harvests rooms). In the first phase of the project, already concluded, a bibliographical revision was made on the auditory physiology of the moth, their behaviors in front of the presence of the predator; likewise, it was identified the types of signs, level of intensity, duration and frequencies that emit the bats when they hunt their preys. All the information related to the previous aspects is presented in way summarized in this article.

Keywords: court flowers, *Copitarsia decolora*, bat, ultrasounds pretender.

INTRODUCCIÓN

Según estadísticas de la Asociación Colombiana de Floricultores (Asocolflores), las regiones donde se cultivan flores para exportación son la sabana de Bogotá con un 85%, Rionegro (Antioquia) con 12% y otras con 3%; las flores de mayor exportación son la

* Magíster en Teleinformática de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Ingeniero electricista de la Universidad Nacional de Colombia, ingeniero electrónico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y filósofo de la Universidad Santo Tomás de Aquino. Docente del área de comunicaciones de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. hpaz @ escuelaing.edu.co.

** Biólogo. Profesor asociado de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Línea de investigación: comportamiento de artrópodos. etorradol@unal.edu.co

*** Ingeniera electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. marodrig@escuelaing.edu.co

**** Ingeniero electrónico de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. alejo98@yahoo.es

***** Estudiante de décimo semestre de ingeniería electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. dmarce13@gmail.com

rosa, 48%; el clavel, 16%; el miniclavel, 8%; el crisantemo, 4%, y otros, 24%, y los principales mercados de exportación son Norteamérica, 85%; Unión Europea, 9%, y otros países, 6%.

El Servicio de Inspección de Salud de Animales y Plantas (Aphis, por su sigla en inglés), de Estados Unidos, realiza revisiones sistemáticas a las flores exportadas a este país para evitar la entrada de plagas exóticas (Guerra y Forero, 2002). Entre las plagas interceptadas se encuentran pulgones, coleópteros, moscas, chinches, trips y polillas; este último es el que presenta mayores interceptaciones, y se reconoce dentro de este grupo a una polilla denominada *Copitarsia*⁵. En Estados Unidos la presencia de *Copitarsia* spp. no se ha reportado hasta el momento, pero se presume que puede estar en el país y aún no se ha detectado (Simmons & Pogue, 2004), lo que hace de este insecto un problema cuarentenario para las exportaciones de flores de corte de Colombia⁶.

En nuestro país las especies de *Copitarsia* se conocen como “muques” o “cogolleros”, y de acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (ICA, 1976), la especie registrada en Colombia es *C. consueta* (Walker), siendo la sinonimia *C. incommoda* como la actualmente válida para esta especie (Angulo & Olivares, 2003). Recientemente, estudios realizados por Torrado-León *et al.* (2005) demostraron que esta especie tiene una amplia presencia en cultivos de flores de corte de la sabana de Bogotá.

Ahora que se conoce la especie y se sabe del problema crítico como plaga cuarentenaria, se hace urgente dirigir estrategias de control que estén enmarcadas dentro de un manejo integrado de plagas⁷ (MIP). Para el manejo de las larvas en los cultivos, se debe evaluar la eficacia de insecticidas de síntesis biológica y química, así como ene-

migos naturales, microorganismos entomopatógenos y parasitoides, y evaluar la selectividad entre éstos. En cuanto al manejo de los adultos de *C. decolora*, es necesario evitar el ingreso a las salas de poscosecha mediante mallas utilizadas como barreras de contención en las entradas a estos sitios. Como es inevitable el trabajo en las salas de poscosecha cuando se presentan picos altos de producción, se deben buscar métodos alternativos de control de polillas adultas.

CONTROL DE PLAGAS EN LOS CULTIVOS DE FLORES EN COLOMBIA

La entomología moderna busca el control del vector invasor y la reducción de los daños en los cultivos a niveles mínimos, en lo referente al manejo de plagas. Los conceptos de reducción de plagas incluyen estrategias dinámicas de reducción poblacional, entre las que se destacan:

- Culturales o uso de prácticas agronómicas como cultivos residentes, rotación de fechas de siembra y destrucción de restos de cultivo.
- Biológicas, que consisten en la introducción a los cultivos de enemigos naturales o la explotación de organismos benéficos nativos (alelos y feromonas, predadores, parasitoides: *Braconidae*, *Ichneumonidae*, *Tachinidae*, *Trichogrammatidae*; antagonistas y competidores).
- Microbiana, que utiliza microorganismos entomopatógenos como bacterias (*Bacillus thuringiensis*), hongos, virus (*Baculovirus en flores Unalmed VPN*), protozoarios y nematodos.

• Químicas. Dentro de esta estrategia de control de plagas se utilizan los plaguicidas (insecticidas: de contacto, de ingestión, sistémicos, de inhalación o asfixiantes, de atracción y repulsión; fungicidas) y repelentes. Los insecticidas usados para el control de lepidópteros u otras plagas tienen un efecto

que se manifiesta en los individuos a través de una coloración oscura y el cuerpo encogido.

Así mismo, para el control de la plaga del género *Copitarsia* existe un mecanismo eléctrico que consiste en atraer a la polilla en los cultivos de flores a través de una luz y electrocutarla en su contacto con una rejilla cargada eléctricamente (figura 1).

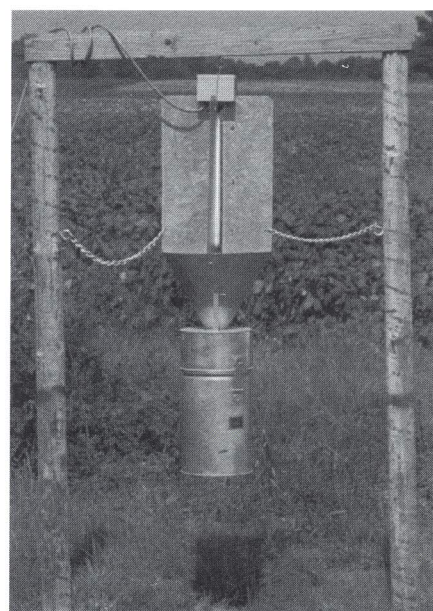


Figura 1. Trampas de luz lejos de las salas de poscosecha.

Fuente: Rebecca Lee.

Además, se realizan otras prácticas tales como cerrar la sala de poscosecha con sarán y plástico; controlar puertas durante y después del trabajo; proteger con malla la flor que se deja de un día para otro; apagar las luces durante la noche; hasta donde sea posible, suspender el empaque de flores en horas de la noche; cuando se armen cajas con un día de anticipación, guardarlas en un sitio protegido; hacer énfasis en la capacitación del personal de poscosecha y del cultivo para evitar la entrada de polillas adultas a las cajas; cerrar las ventanillas de las cajas antes del cargue en el camión o avión.

COPITARSIA DECOLORA

Las 21 especies del género *Copitarsia* (*Noctuidae: Cucullinae*) se encuentran asociadas al menos a 39 cultivos en 19 familias de plantas en Centroamérica y Suramérica (Simmons y Pogue, 2004). La taxonomía de la especie *Copitarsia decolora*, según Gene, es la siguiente (Gene, 1852):

Orden: Lepidóptero

Superfamilia: *Noctuidae*

Familia: *Noctuidae*

Subfamilia: *Cucullinae* (propuesta *Noctuiinae*)

Género: *Copitarsia* (Hampson, 1906)

Noctuidae es la familia más rica en especies del orden lepidóptero a cualquier escala geográfica o ecológica que se considere (Heppner, 1991; Kitching y Rawlins, 1998); esta familia tiene una enorme población global que se estiman en cerca de 21.000 especies descritas, pertenecientes a 4.200 géneros, la mayoría de ellos conocidos muy superficialmente; tienen un ciclo de vida muy corto (46 días), y su alta tasa de mortalidad (38,8%) está compensada por una tasa de natalidad elevada (fecundidad: 550,5 huevos por hembra. Fertilidad: 92,9%).

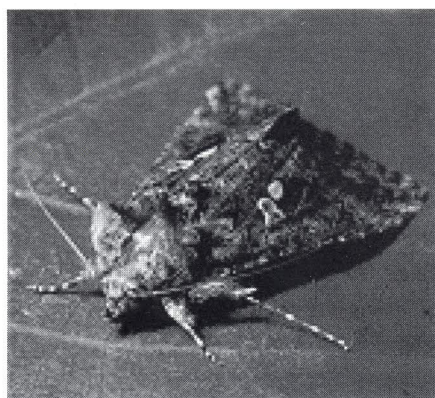


Figura 2. Presencia de antenas y manchas en las alas de la *Copitarsia decolora* adulta.

Fuente: Juan Carlos Pinzón, Universidad Nacional de Colombia.

La familia *Noctuidae* tiene en la cabeza el centro de los sentidos y la alimentación. Presenta en su apariencia física varios tipos de antenas que siguen un patrón general de similitud, destacándose la simetría y los ornamentos para diferenciar especies e identificar géneros; cada especie de *Noctuidae* tiene una coloración y una serie de dibujos en las alas anteriores que facilitan su descripción e identificación utilizando claves taxonómicas. La maculación de las alas muestra de manera particular la gran variabilidad existente entre especies (figura 2).

De acuerdo con Cardona *et al.* (2004), para una especie no identificada de *Copitarsia* recolectada en Antioquia (Colombia), se demostró que el ciclo de vida en condiciones de laboratorio y criada con una dieta alimenticia a base de crucíferas, fue en promedio de 46 días. La eclosión de los huevos es de $3,0 \pm 0,2$ días a $30,1$ °C y $33,1 \pm 1,4$ días a $9,3$ °C (Gould, 2005).

Las hembras atraen a los machos con fines de reproducción al liberar feromonas⁸ sexuales. Para *C. consueta* ocurre por primera vez entre el segundo y tercer día después de la emergencia de la hembra (Rojas & Cibrian-Tovar, 1995). Las hembras de *C. consueta* copulan varias veces en su vida, la cual ocurre en las horas nocturnas (Rojas *et al.*, 1992), hasta un promedio de 2,6 veces (Castrejón *et al.*, 2000). La fecundidad de las hembras de *Copitarsia* sp. varió desde un poco más de diez huevos a más de mil (Cardona *et al.*, 2004), e incluso estudios realizados con *C. turbata* (equivalente a *C. decolora*) demostraron que el número de huevos por hembra superó ligeramente los 2.400, con un promedio de 1.578 (Velásquez, 1988). Lo anterior demuestra que *Copitarsia* tiene una alta fecundidad y puede estar correlacionada con la alta presencia en cultivos de flores.

Todas las especies de la familia *Noctuidae* son plagas muy polífagas que

se alimentan de una alta variedad de familias de plantas. En Colombia, el género *Copitarsia* afecta cultivos de alcaparro enano, alcachofa, papa, arveja, caléndula, cebolla, crucíferas en general, curuba, gladiolo, haba, maíz, narciso, cereales y espárragos (ICA, 1989). También afecta los siguientes cultivos de flores: *Alstroemeria* sp, *Molucella* sp, *Callistephus* sp, *Aster* sp, *Lysimachia* sp, *Limonium* sp, *Rosa* sp y clavel (Zapata, 1987; Villamizar, 1988; Torrado-León *et al.*, 2005). No obstante, la *C. decolora* se considera la de mayor importancia económica, porque dentro de su dieta natural se encuentran diferentes especies de flores de corte, lechuga, arveja, remolacha y papa (Castillo & Angulo, 1991).

De acuerdo con Guerra y Forero (2002), los porcentajes de interceptaciones entre noviembre del 2000 y marzo de 2002 para *Copitarsia* sp. fueron los siguientes: *Alstroemeria* sp., 70,4%; *Limonium*, 11,16% y *Dianthus* sp., 30,8%. Si a lo anterior se le suma, como manifiestan estos autores, que durante el registro de la información de algunos estados inmaduros de *Lepidoptera*, como huevos, larvas y pupas, ingresan a la categoría de *Noctuidae*, lo más probable es que algunos de éstos correspondan a *Copitarsia* sp., lo que contribuiría a aumentar los anteriores porcentajes.

El manejo se debe realizar en dos vías: la primera, directamente en el cultivo con la aplicación de insecticidas de síntesis química, síntesis biológica y microbiales, así como la liberación de enemigos naturales, sobre huevos, larvas y adultos, combinado con las otras prácticas de manejo, tales como control cultural, físico, etc. De acuerdo con Cardona *et al.* (2003), *Copitarsia* sp. es afectado por patógenos como bacterias, hongos y virus en cultivos comerciales de crucíferas. No obstante, para ofrecer recomendaciones confiables es necesario realizar investiga-

ciones sobre la eficacia de cada una de estas herramientas de control.

Entre los enemigos naturales que tiene *C. decolora* se encuentran microorganismos entomopatógenos como bacterias, hongos y virus, al igual que nematodos (Driesche & Hoddle, 2000). Así mismo, las polillas en sus diversos estados son presa de diferentes animales, tales como otros insectos, aves y murciélagos.

En presencia de predadores, las polillas (*Pseudaletia unipuncta* - Noctuidae y *Ostrinia nubilalis* - Pyralidae) cambian sus conductas típicas de apareamiento: las hembras disminuyen 27% en promedio la liberación de feromonas sexuales con las cuales atraen a los machos y los machos reducen 40% la movilidad alrededor de las hembras⁹.

La primera sugerencia de que las polillas pueden detectar los sonidos de los murciélagos a través de sensores auditivos la hizo F. B. White en 1887 (Roedor, 1962). Actualmente, se conocen muy bien la morfología y la neurofisiología de la audición de este grupo de insectos, constituido por un par de tímpanos grandes que están ubicados en ambos lados del tórax (figura 3) (Spangle, 1988; Olivares & Angulo, 1995; Acharya & Fenton, 1999; Surlykke & Filskov, 1999; Yager, 1999; Skals, 2003).

En términos generales, los oídos de los Noctuidae son sensibles a sonidos en un amplio espectro de frecuencias; sin embargo, su rango típico se considera entre 20 y 50 KHz; así mismo, la sensibilidad auditiva de las polilla tiende a reflejar las frecuencias locales e intensidades de los sonidos de murciélagos (Waters, 1996; Jones *et al.*, 2002; Fullard *et al.*, 2003). Olivares & Angulo (1995) realizaron una descripción del tímpano de *Copitarsia decolora* (*Copitarsia turbata*), pero no describieron las frecuencias de ultrasonidos en las cuales éstos son sensibles.

Las polillas hembras son más sensibles fisiológicamente que los machos a las llamadas de ecolocalización que emiten los murciélagos, las cuales dependen de la especie; pueden ser señales moduladas en amplitud o frecuencia, o señales pulsantes (5/50/100 pulsos/seg), de intensidad variable (75-110 dB-SPL), corta duración (5-35 msec) y alta frecuencia (15-70 KHz), aunque cambian predeciblemente en dichas características a medida que se hace progresivo el ataque (Skals *et al.*, 2003).

Sistema auditivo de la polilla: *Hamdrya feronia*

Esta polilla cuenta con un completo sistema auditivo localizado a cada lado del primer segmento abdominal, metatórax o cabeza (*Vogel's organ*), con capacidad de adaptación y en el cual se incluyen órganos timpánicos¹⁰; su rango de audición de señales es inferior al de otras especies y se extiende desde 500 Hz hasta 10 KHz, con niveles de intensidad superiores a 100 dB-SPL (figura 4).

Las polillas detectan la presencia del predador por estímulos visuales, olfativos y auditivos; a través de ciertos mecanismos neurofisiológicos identifican la presencia del murciélago por el cambio de intensidad de la llamada de ecolocalización que éstos emiten. Sin embargo, el olor de las flores¹¹ en el campo o la luz deslumbrante puede ser más fuerte que los ultrasonidos del murciélago; por eso viven muy poco aunque se reproducen muy rápido.

EL MURCIÉLAGO: PREDADOR PRINCIPAL DEL GÉNERO *COPITARSIA*

De las casi mil especies de murciélagos que hay en el mundo, sólo tres se alimentan de sangre (hematófagos), y viven en Latinoamérica; así mismo, más de dos tercios comen insectos (las familias de molósidos y vespertilionidos son insectívoros), un tercio come fruta o néctar (los murciélagos de la familia noctilionidos son frugívoros y nectívoros), y cerca del 1% se alimenta de peces, anfibios, reptiles, pequeñas aves y mamíferos (las familias filostómidos y noctilionidos son carnívoros).

La anatomía de los murciélagos se ha estudiado desde mediados del siglo XX, y se ha encontrado que las diferencias de formas están relacionadas con el tipo de comida de cada especie¹². Algunos tienen hocicos muy alargados, mientras que en otros las cabezas son anchas y cortas¹³. Las orejas varían de pequeñas y redondas a grandes y puntiagudas, y a menudo presentan un lóbulo cartilaginoso (trago) frente a ellas, probablemente con una función sensorial. El tamaño de cada murciélago depende de la especie, los tamaños de las alas de punta a punta van desde 12 cm y 2 gramos de peso de la especie pequeña hasta 2 m y 2 kilogramos de

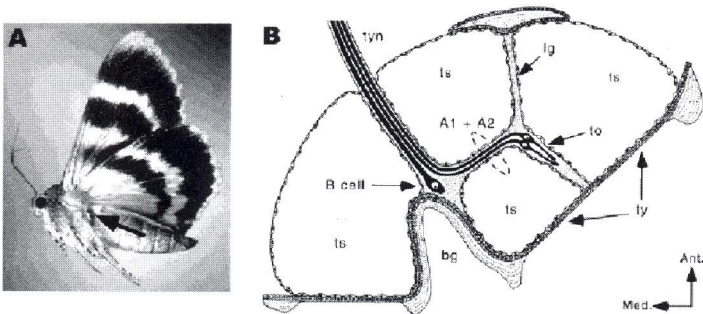


Figura 3. A. Ubicación del sistema auditivo de una polilla (Noctuidae). B. Corte horizontal del oído derecho de un Noctuidae (Ty Tímpano, ts sacos traqueales, lg ligamento) (Según Yager, 1999).

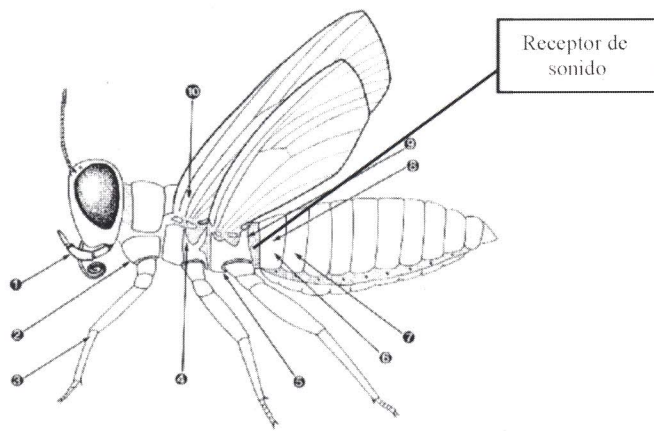


Figura 4. Las ondas acústicas transmitidas por el aire son recibidas por órganos especiales del género *Copitarsia decolora* que reaccionan a desplazamientos muy pequeños de su parte cuticular, ya que están relacionados con los mecanorreceptores.

Fuente: Juan Carlos Pinzón, Universidad Nacional de Colombia.

peso en las especies grandes. También hay mucha variación en narices y labios, algunos poseen complejas fosas nasales, pliegues o arrugas en los hocicos. La función de estas ornamentaciones no se ha comprendido bien aún, pero puede estar relacionada con la emisión de los llamados de ecolocalización¹⁴.

Una de las creencias más extendidas entre la gente es que los murciélagos son ciegos, originada en el hecho de que pueden volar y maniobrar perfectamente en la oscuridad; sin embargo, todos los murciélagos ven bien, aunque algunos poseen ojos pequeños. Experimentos realizados con varias especies han mostrado que son capaces de ver aun con bajos niveles de luz; aparentemente los murciélagos carecen de conos en su retina —una característica común en muchos animales nocturnos—, razón por la cual no podrían reconocer los colores.

Ecolocalización (localización ecoica)

Hace 55 millones de años, los murciélagos ya cazaban insectos en la oscuridad, pero sólo en 1938 los humanos comenzaron a entender cómo lo hacían¹⁵. Así como nosotros usamos una linterna para ver en la oscuridad, un murciélago envía pulsos de sonidos y encuentra sus presas gracias a los ecos. El sistema de ecolocalización de algunos murciélagos es tan preciso que pueden detectar insectos del tamaño de un mosquito y objetos tan finos como un pelo humano¹⁶; igualmente, pueden determinar la posición angular de su presa, forma, dirección en la que se dirige, distancia y movimiento.

La ecolocalización es un método de percepción sensorial por el cual ciertos animales se orientan en sus ambien-

tes, detectan obstáculos, se comunican entre sí y capturan a sus presas. Durante la llamada de ecolocalización el murciélago emite una serie de sonidos cortos y agudos, generalmente por encima del límite auditivo humano¹⁷; estos sonidos, que barren frecuencias altas y bajas o varían alrededor de una sola frecuencia, viajan fuera del animal y luego rebotan sobre los objetos y superficies en su camino, formando un eco; el eco se devuelve al murciélago, dándole una noción de lo que se encuentra en su camino (figura 5).

El murciélago produce un sonido con la laringe (esencialmente igual a la humana, pero más grande en relación con el tamaño del murciélago) y lo modifica con extrañas formaciones en su boca y nariz (sonar transmisor de señales ultrasónicas); cuando los ecos retornan, alcanzan sus tímpanos, que cambian el sonido en vibraciones hacia los huesos del oído interno e informan al cerebro sobre los ecos recibidos (sonar receptor). Las enormes orejas de algunos murciélagos ayudan a atrapar los sonidos, aumentando su capacidad auditiva¹⁸.

El oído de los murciélagos es muy sensible a los ecos débiles y de alta frecuencia que se reflejan en los insectos diminutos. Algunos murciélagos encuentran su comida escuchando los sonidos ligeros: el susurro de un escorpión que se mueve por la arena, el cuchicheo de las alas de una polilla o el movimiento de una hoja causado por una araña de paso.

En la llamada de ecolocalización de los murciélagos los pulsos duran sólo unas milésimas de segundo y se emiten a una tasa de diez o quince pulsos por segundo; las interrupciones les facilitan escuchar la información del eco que regresa, y su inteligencia, espacialmente evolucionada, les permite construir una representación exacta de los objetos cerca de ellos (pueden estudiar el tamaño y la dureza del cuerpo del insecto); un murciélago también puede discernir la vibración de las alas de la presa, y hay evidencia de que algunos pueden calcular su velocidad de vuelo al comparar con los objetos alrededor de ellos usando el cambio del efecto Doppler¹⁹.

Utilizando toda esta información, un murciélago puede identificar y localizar su presa a una distancia determinada y entonces atacar. A medida que se acerca, simplemente acelera las llamadas de ecolocalización hasta antes del contacto para tener en cuenta cualquier cambio en la dirección de la presa. Algunos murciélagos producen ruidos de cerca de 110 decibelios²⁰; para no ensordecer poseen un músculo especial fuera, que se cierra dentro de la oreja cuando ellos gritan.

Los murciélagos insectívoros son los principales depredadores de escarabajos, polillas y otros insectos que causan cada año pérdidas millonarias a la agricultura; las investigaciones demuestran que hay especies que pueden comer hasta

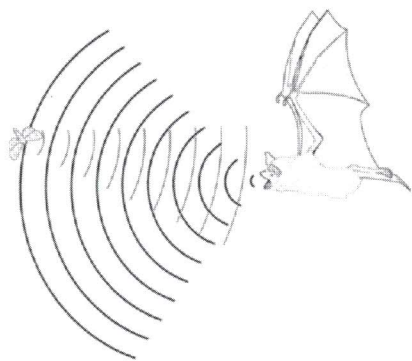


Figura 5. Al igual que los delfines, la mayor parte de los murciélagos se comunican, navegan y capturan a sus presas con los ecos de ultrasonidos que emiten por la nariz y la boca.

500 insectos por hora, muchos de ellos plagas dañinas para el maíz, cacao, pepino, trigo, algodón y tabaco; su presencia evita el uso de insecticidas, los mismos que contaminan el ambiente y ponen en peligro la vida de especies animales y del propio murciélago.

Los murciélagos son los mejores para controlar las poblaciones de insectos, polinizar las plantas y distribuir las semillas necesarias para perpetuar el círculo de vida en los ecosistemas²¹.

Con el fin de ahuyentar las polillas de las salas de poscosecha de flores de corte, a través de la emisión simulada de ultrasonidos de murciélagos, se diseñará e implementará un dispositivo electrónico que simule la llamada de ecolocalización del murciélago con todos sus parámetros, tales como tipo de señal, duración, frecuencia, nivel de intensidad y modificación dinámica de los parámetros de la señal cuando cazan a sus presas.

El dispositivo electrónico constará de tres bloques circuitales: el primero de ellos de oscilación variable, el segundo bloque de modulación en amplitud y el último de amplificación y transducción de energía. Esta metodología estará apoyada en los libros técnicos de Millman & Grabel (1987) y Savant-Roden-Carpenter (1992).

CONCLUSIONES

El uso de métodos químicos para controlar las plagas en los cultivos de flores, uno de los más empleados en Colombia, provoca la destrucción de la plaga, pero adicionalmente ocasiona un daño irreparable al ecosistema al eliminar especies beneficiosas y contaminar los suelos por la acumulación de sus compuestos químicos. Así mismo, se han reportado en todos los grupos de insecticidas químicos resistencia de *Noctuidae*, lo que genera una mayor carga de agroquímicos al medio, con las conocidas consecuencias de deterioro ambiental y salud humana. En este sentido se hace necesaria la búsqueda de nuevas opciones para el control de plagas que sean más efectivas y menos dañinas al medio ambiente.

Debido a que la electrónica tiene muy pocas aplicaciones en el control de plagas en la agricultura, se pretende incursionar en este renglón de la economía, especialmente en el de flores de corte (rosas, claveles, gérbera, alstroemerías, etc.), con el diseño y la implementación de un dispositivo electrónico que evite la introducción de las polillas a los cuartos de poscosecha de flores de corte; con esta solución se pretende apoyar a las empresas exportadoras de flores y contribuir al crecimiento de las exportaciones en Colombia.

Los estudios sobre el sistema de ecolocalización en los murciélagos pueden aportar una alternativa de solución para ciegos en la detección de objetos con la ayuda de sonidos.

REFERENCIAS

1. El término genérico de "plaga" en la agricultura designa a cualquier organismo que afecta a un cultivo, ya sea en forma directa o indirecta, causando pérdidas de importancia económica.
2. Las larvas interceptadas en Estados Unidos pueden provenir directamente del cultivo; no obstante, como la mayoría de los adultos de esta familia presentan una atracción hacia la

luz (Yela & Holyoak, 1997; Nowinszky, 2004), comportamiento denominado fototactismo positivo, su ingreso a las salas de poscosecha es inevitable cuando en medio de la oscuridad perciben las luces encendidas y tienen sitios de entrada como agujeros, puertas o ventanas abiertas. El vuelo alrededor de las luces las agota y posteriormente caen sobre el material que se está empacando, ocultándose en el día en cualquier rincón, y luego ingresando a las cajas. Es posible que las hembras que están cargadas con huevos ovipositen sobre el producto vegetal y durante el trayecto los huevos eclosionan, encontrándose larvas activas en el país de destino.

3. Un aspecto que no se ha estudiado es la repelencia de los adultos con sonidos simulados de sus enemigos naturales. Los machos y hembras de esta polilla presentan un par de tímpanos ubicados en el tórax, los cuales les han servido a todas las polillas de la familia *Noctuidae* y otros insectos, como un mecanismo de defensa o antidepredación, debido a que perciben los sonidos que emiten los depredadores para localizar a sus presas (Norman *et al.*, 1999).

4. Lalita Acharya & M. Brock Fenton. *Bat attacks and moth defensive behaviour around street lights*.

5. Se han registrado 21 especies para este género, distribuidas desde México hasta Chile (Angulo & Olivares, 2003).

El número de individuos de este género interceptados por *Aphis* entre enero de 2000 y marzo de 2002, de importaciones de flores procedentes de la sabana de Bogotá, fue de 600, para un 30,17% del total de las plagas reportadas (Guerra y Forero, 2002).

6. VIII Congreso Flores (2005). Asocolflores – Bayer Cropscience y Universidad Nacional de Colombia.

7. Éste consiste en utilizar todas las técnicas de control de manera compatible.

8. La feromona es una sustancia química segregada y liberada por algunos miembros de una especie que afecta el comportamiento o desarrollo de otros miembros de la misma especie, después de que han percibido el estímulo merced al sentido del olfato.

9. Lalita Acharya & Jeremy N. McNeil. Predation risk and mating behavior: the responses of moths to bat-like ultrasound, *Behavioral Ecology*, Vol. 9, No. 6, pp. 552-558.

10. Sound production and hearing in the blue cracker butterfly *Hamadryas Feronia* from Venezuela. Yack, Jayne E., *et al.*

11. Niels Skals, Dainius Plepys and Christer Löfsterdt (2003). Foraging and mate-finding in the silver Y moth. *Autographa gamma* (Lepidoptera: Noctuidae) under the risk of predation, *Oikos*, 102, pp. 351-357.

12. *Fauna argentina* (1983). Buenos Aires: Centro Editor de América Latina S.A.

13. Los comedores de néctar tienen hocicos largos y puntiagudos para introducirlos en las flores, mientras que los comedores de fruta tienen caras más cortas y anchas.

14. *Biología de mamíferos*. Santiago F. Burneo. 15. En 1938, un estudiante de Harvard pudo escuchar los sonidos que usan para la ecolocalización por primera vez.

16. Hace 200 años Spallanzani, pionero en estudios del comportamiento de los murciélagos, descubrió que éstos volaban en oscuridad total; en su experimento encontró que esquivaban incluso finos y tirantes hilos que se colocaban en una habitación.
<http://www.biociencias.com/odisea/murcielagos/>.

17. <http://www.batcalls.org/>

18. Sistemática (Unesis), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Carrera 7ª No. 43-82, Bogotá, D.C., jaiperez@javeriana.edu.co
jahumada@usgs.gov.

19. www.ecology.com.

20. Esta intensidad es equivalente al vuelo de un avión de motor de reacción.

21. El baobab africano y el Ironwood australiano son plantas que dependen únicamente de los murciélagos para extender sus semillas y para la polinización.

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, A. O., & T. S. Olivares (2003). Actualización taxonómica de las especies de *Copitarsia* Hampson 1906 (*Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae*). *Gayana Zoología*, 67 (1): 33 - 38.
- Acharya, L. & M. B. Fenton (1999). Bat attacks and moth defensive behaviour around street lights. *Canadian Journal of Zoology*, 77: 27-33.
- Asocolflores (2005). Procedimientos para la inspección fitosanitaria en Miami: mejor estar informados para evitar fumigaciones innecesarias. *Noticias Frescas*, 185: 15.
- Bat Ecology & Bioacoustics Lab (2005). Echolocation calls of British bats. <http://www.bio.bris.ac.uk/research/bats/calls/>.
- Cardona, D., M. E. Londoño & J. E. Jaramillo (2004). Estudios biológicos de *Copitarsia* sp. (*Lepidoptera: Noctuidae*) bajo condiciones de insectario. *Revista Colombiana de Entomología*, 30 (2): 205-509.
- Castillo, E. E. & A. O. Angulo (1991). Contribución al conocimiento del género *Copitarsia* Hampson, 1906 (*Lepidoptera: Glossata: Cucullinae*). *Gayana Zoología*, 55 (3): 227-246.
- Castrejón, V. R., J. Cibrián, J. Romero, M. Camino (2000). Mating frequency in wild females of *Copitarsia consueta* (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Florida Entomologist* 83(3): 374-376.
- Ceniflores (2005). La innovación tecnológica en el sector de la floricultura colombiana. Memorias VIII Congreso Técnico Flores 2005, Bogotá, 26 de agosto, pp. 1-10.
- Driesche, R. G. Van & M.S. Hoddle (2000). Classical arthropod biological control: Measuring success, step by step, en G. Gurr & S. Wratten Eds. *Biological control: Measuring of success*. Holanda: Kluwer Academic Publishers, pp. 39-76.
- Fullard, J.H., K.E. Muma & J.W. Dawson (2003). Quantifying an anti-bat flight response by eared moths. *Canadian Journal of Zoology*, 81: 395-399.
- Gould, J., R. Venette & D. Winograd (2005). Effect of temperature on development and population parameters of *Copitarsia decolora* (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Environmental Entomology*, 34: 548-556.
- Guerra, J. J., & D. Forero 2002. Principales interceptaciones de plagas en flores provenientes de la sabana de Bogotá en el puerto de Miami, y su implicación fitosanitaria. *Revista Asocolflores*, 62: 50-58.
- ICA (1976). Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. *Boletín Técnico*, No. 43, Instituto Colombiano Agropecuario, 484 pp.
- ICA (1989). Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. *Boletín Técnico*, No. 43, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Jones, G., A. Barabas, W. Elliott & S. Parsons (2002). Female greater wax moths reduce sexual display behavior in relation to the potential risk of predation by echolocating bats. *Behavioral Ecology*, 13 (3): 375-380.
- Londoño, M. (2004). *Ancognatha* spp. (*Coleoptera: Melolonthidae*), en *Plagas y enfermedades de carácter cuarentenario en flores de corte*. Convenio ICA-Asocolflores Colombia 2003. Produmedios Editoriales y Audiovisuales.
- Millman & Grabel (1987). *Microelectronics*, 2nd ed. McGraw Hill.
- Norman, A. P., G. Jones & R. Arlettaz (1999). Noctuid moths show neural and behavioural responses to sounds made by some bat-marking rings. *Animal Behaviour*, 57: 829-835.
- Nowinszky, L. (2004). Nocturnal illumination and night flying insects. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2(1): 17-52.
- Olivares, T. S. & A. O. Angulo (1995). El órgano timpánico en la clasificación de *Lepidoptera: Noctuidae*. *Bol. Entomol. Venez.* N.S. 11(2): 155-183
- Roedor, K. D. (1962). The behaviour of free flying moths in the presence of artificial ultrasonic pulses. *Animal Behaviour*, 10: 300-304.
- Rojas, J.C. & J. Cibrian-Tovar (1994). Calling behavior of the moth *Copitarsia consueta* (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Florida Entomologist* 77(1): 178-180.
- Rojas, J.C.; Valdez Carrasco, J. y Cibrian Tovar, J. (1995). Morphological evidence for possible sites of production of the female sex pheromone of *Copitarsia consueta* (*Lepidoptera: Noctuidae*), en *Florida entomologist*, 8 (2).
- Savant-Roden-Carpenter (1992). *Diseño electrónico*, 2^a ed., Addison Wesley Iberoamérica.
- Simmons, R. B. & M. G. Pogue (2004). Redescription of two often-confused Noctuid Pest, *Copitarsia decolora* and *Copitarsia incommoda* (*Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae*). *Annals of the Entomological Society of America*, 97 (6): 1159-1164.
- Simmons, R. B., y Scheffer, S. J. (2004). Evidence of cryptic species within the pest *Copitarsia decolora* (Guenée) (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 97 (4): 675-680.
- Skals, N., D. Plepys, A. M. El-Sayed, C. L. Ofstedt & A. Surlykke (2003). Quantitative analysis of the effects of ultrasound from an odor sprayer on moth flight behavior. *Journal of Chemical Ecology*, 29 (1): 71-82.
- Spangler H. G. 1988. Moth hearing, defense, and communication. *Annual Reviews of Entomology*, 33:59-81.
- Surlykke, A. & M. Filskov (1999). Auditory Relationships to Size in Noctuid Moths: Bigger Is Better. *Naturwissenschaften* 86, 238-241.
- Torrado-León, E. & N. Quimbayo & S. Muñoz (2005). *Copitarsia decolora* (Guenée, 1852) (*Lepidoptera: Noctuidae*). Generalidades sobre su biología e identificación, en *Plagas y enfermedades de carácter cuarentenario en flores de corte*. Convenio ICA-Asocolflores Colombia. Produmedios Editoriales y Audiovisuales. En prensa.
- Torrado-León, E., R. Lee, F. Serna, N. Quimbayo & S.R. Muñoz (2005). Reconocimiento de *Noctuidae* (*Lepidoptera*) plaga en cultivo de flores. Memorias VIII Congreso Técnico Flores 2005. Bogotá, 26 de agosto, pp. 40-42.
- Tucker, M. R. (1983). Light-trap catches of African armyworm moths, *Spodoptera exempta* (Walker) (*Lepidoptera: Noctuidae*), in relation to rain and wind. *Bulletin of Entomological Research*, 73: 315-319.
- Villamizar, R. G. (1988). Contribución a la biología y los hábitos de *Copitarsia consueta* (Walker) (*Lepidoptera: Noctuidae*) bajo condiciones de invernadero. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, 118 pp.
- Waters, D. A. (1996). The peripheral auditory characteristics of noctuid moths: information encoding and endogenous noise. *The Journal of Experimental Biology*, 199: 857-868.
- Yager, D. D. (1999). Structure, Development, and Evolution of Insect Auditory Systems. *Microscopy Research and Technique*, 47:380-400.
- Yela, J. L. & M. Holyoak (1997). Effects of moonlight and meteorological factors on light and bait trap catches of noctuid moths (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Environmental Entomology*. 26 (6): 1283-1290.
- Zapata, A. (1987). Identificación y biología de una especie de *Trichogramma* parasitoide de huevos de *Copitarsia consueta* (Walker) (*Lepidoptera: Noctuidae*). Trabajo de grado. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, 98 pp.