

## I. INTRODUCCION

El término "Feromona" fue propuesto por Karlson y Lüscher en 1959 para definir algunas sustancias las cuales son producidas por un organismo y percibidas por otro perteneciente a la misma especie, para provocar reacciones específicas en su comportamiento y fisiología.

Cuando se intercambia un mensaje químico entre especies diferentes se trata de "Aleloquímicos". Tanto las feromonas y los aleloquímicos son semioquímicos; por ejemplo: los mensajes químicos que actúan "fuera" del organismo; son diferentes a las hormonas que son típicos mensajeros internos.

Una "keromona" es un aleloquímico benéfico para el receptor (por ejemplo el olor del huésped, que atrae al parásito), mientras que una "alomonas" es benéfica para el emisor (por ejemplo las sustancias defensivas producidas por muchos insectos).

### Hormonas



Las feromonas se clasifican por su modo de acción o por el tipo de comportamiento que ocasionan. Una feromona que origina una reacción inmediata y reversible al receptor, es una feromona iniciadora. Una feromona que induce modificaciones lentas en el organismo del insecto es una feromona modificadora (como la sustancia que emite la reina en la colmena, la cual inhibe el desarrollo de los ovarios de las obreras).

En Lepidoptera, la atracción sexual actúa mediante un amplio rango de variación de feromonas sexuales emitidas por la hembra que atraen al macho.

Las hormonas de iniciación se clasifican a menudo por el tipo de comportamiento que ocasionan. A estas pertenecen:

- **Las feromonas sexuales:** Actúan en el comportamiento precopulatorio (atractivos sexuales), de cortejo postcopulatorio (usada por una hembra apareada para rechazar a otros machos); el emisor y el receptor son de sexo opuesto.
- **Las feromonas de agregación:** Son emitidas por un sexo y atraen (o detienen) individuos pertenecientes al mismo sexo, o sea ambos sexos.
- **Las feromonas de alarma:** Son producidas por un individuo herido o amenazado para dispersar a los de su misma especie (áfidos y peces) o para alertar o proteger la colonia (insectos sociales).
- **Las feromonas de rastreo:** Muy conocidas en hormigas; éstas dirigen a los insectos hacia los sitios de recursos alimenticios.
- **Las feromonas de distribución espacial:** Estas hacen que la población se disminuya uniformemente como lo hacen las feromonas que frenan la oviposición de la hembra de la mosca de las frutas (Tephritidae).
- **Las feromonas de Marcación:** Muy conocidas en mamíferos; son usadas para limitar el territorio.

## II. BIOLOGIA DE LAS FEROMONAS SEXUALES EN LEPIDOPTERA

Casi todas las especies de polillas o Lepidoptera nocturnas usan las feromonas sexuales para apareamiento. El sistema de apareamiento desarrollado por estos insectos es remarcablemente constante en las especies de este orden, y las feromonas sexuales son usadas en dos estados de comportamiento precopulatorio: La atracción sexual y el comportamiento de cópula.

En Lepidoptera, la atracción sexual actúa mediante un amplio rango de variación de feromonas sexuales emitidas por la hembra que atraen al macho. La visión juega también un rol de atracción en el macho, especialmente en el proceso de cortejo justo antes de que el macho se pose cerca de la hembra; la primera parte involucrada es la olfacción de la cola.

La principal excepción a esta regla se encuentra en mariposas (Ropalocera o Papilionidae) en las cuales el apareamiento se efectúa mediante la visión.

El comportamiento de cortejo empieza justamente cuando llega la polilla macho. El umbral de recep-

\* Instituto de Investigaciones Agrícolas INRA. Laboratorio de Mediateurs Chimiques. Domaine des Brouëssy, Magry les Ha-meaux 78470. St. Remy-Les-Chevreuse, Francia.

tividad de la hembra a aceptar o rechazar el macho disminuye. El cortejo feromonal puede ser usado en este momento, pero la interacción del cortejo es frecuentemente muy compleja e intervienen el estímulo táctil o auditivo junto con el estímulo químico (olfación/gustación).

### **ATRACTIVOS SEXUALES**

Los atractivos sexuales o feromonas sexuales de largo recorrido son emitidas por la mariposa hembra durante un corto período (una o dos horas). La hembra muestra una típica postura de llamado "Calling posture", por la apertura de sus alas y saca sus glándulas feromonales. La glándula feromonal está localizada en la membrana situada entre los segmentos abdominales VIII y IX. El examen microscópico muestra una hipertrofia de las células epiteliales sin diferenciación intra o extracelular.

La glándula se modifica por un aumento de la presión hemolinfática en el abdomen por lo cual la feromona se evapora pasivamente en el aire.

La feromona es percibida por la antena de la mariposa macho. La antena lleva miles de pequeñas setas llamadas "Sensila tricoidea" donde se encuentran las neuronas quimiorreceptoras.

La atracción sexual es percibida por el macho a larga distancia, aproximadamente 100 m, en el caso de la "Polilla Oriental de los Frutales". No hay evidencias experimentales para distancias mayores de un Km, en algunas especies.

Cuando el macho percibe la feromona de la hembra, empieza a volar siguiendo un recorrido en zigzag y finalmente aterriza cerca de ésta.

Existen controversias acerca del fenómeno fisiológico el cual induce la orientación aérea. Las propiedades físicas de cantidades pequeñísimas de feromonas en el aire no se conocen; parece que no hay gradiente de concentración en feromonas originadas de la feromona original. Es posible que el macho responda a un aumento en la frecuencia de "emisiones" de las feromonas por una orientación anemotáctica en dirección del viento hacia arriba, junto con una orientación visual (reacción optomotora).

La feromona es percibida por la antena de la mari-

posa macho. La antena lleva miles de pequeñas setas llamadas "Sensila tricoidea" donde se encuentran las neuronas quimiorreceptoras. Dos de las cinco neuronas se encuentran bajo cada sensila, las cuales proyectan una dendrita en el lumen del sensillum. El axón de la célula bipolar se proyecta hacia el cerebro (deutocerebro) y atraviesa el nervio antenal.

El macho caminando se encuentra con la pareja y el comportamiento que sigue es un cambio complejo de señales visuales, táctiles, sonoras y químicas entre los dos insectos.

Las moléculas de feromona se detectan a nivel de las dendritas, las cuales conducen a un receptor que permite la conducción de potencial de acción a lo largo del axón. Las neuronas son específicas a los componentes elementales de la mezcla feromonal pero la codificación y ejecución del mensaje químico se realiza en el cerebro.

La respuesta específica de los receptores olfatorios se usa para registrar la actividad eléctrica de la antena, durante una estimulación feromonal. La electroantenografía (EAG) mide las diferencias de potencial entre la base y la extremidad de la antena, durante una estimulación olorosa. El gran número de células que responden específicamente a los compuestos principal de la feromona, es el punto de partida para ensayar compuestos sintéticos, por comparación de las intensidades de las respuestas antenales.

### **FEROMONAS Y COMPORTAMIENTO DE CORTEJO**

Cuando el macho estimulado por la feromona de la hembra se acerca a pocos centímetros de ésta, se para e inicia su comportamiento de cortejo. En algunos casos este aterrizaje es dirigido visualmente hacia la hembra, o puede producirse directamente en contacto de ésta o bien a algunos centímetros debajo si la hembra se encuentra sobre un soporte vertical.

El macho caminando se encuentra con la pareja y el comportamiento que sigue es un cambio complejo de señales visuales, táctiles, sonoras y químicas entre los dos insectos. Las feromonas emitidas en ese momento son producidas por órganos especiales de los machos llamados los Androconios.

Estas feromonas actúan a corta distancia y reciben el nombre de **Afrodisiacas**, término muy controvertido.

Los comportamientos de cortejo estudiados son extraordinariamente variados de una especie a otra; el ejemplo que daremos es el del "enrollador africano" **Cryptophebia leucotreta**; el macho de esta especie posee tres tipos de Androconios diferentes: Una hendidura sobre las alas posteriores, un par de tubos exértiles en la extremidad del abdomen llamados Corema y las tibias posteriores modificadas.

A diferencia de las glándulas de las hembras, las de los machos de Lepidopteros son muy variables tanto por su localización sobre el cuerpo del insecto, como por su estructura.

El macho excitado por la feromona sexual de la hembra se acerca y camina vibrando continuamente las alas. Cuando éste llega y está en contacto con la hembra, se coloca frente a su pareja y saca sus Corema; luego dá una vuelta de 180°C, levanta el abdomen por encima del eje de su cuerpo y expone sus tres zonas de androconios delante de la hembra (presentación).

Después comienza la fase de cobertura muy compleja: el macho desciende hacia la cabeza de la hembra, extendiendo horizontalmente sus alas posteriores, vibrando únicamente las anteriores, engancha las antenas de la hembra en la hendidura de sus alas mientras el extremo apical de la antena de la hembra frota contra sus **Corema** desplegados. En seguida el macho coloca sus tibias androconiales sobre la cabeza y la base de las antenas de la hembra y apoyando sobre sus patas posteriores, despliega sus alas posteriores elevando el abdomen. Después de esta etapa de cobertura el macho rodea la hembra para colocarse a su lado e intentar el acoplamiento, recurvando lateralmente el abdomen. Si lo logra, el macho se desprende de manera que queda en la posición opuesta a la hembra, característica de los Lepidopteros.

Este comportamiento de cortejo es uno de los más complejos de los que se puede observar en los Lepidopteros; sin embargo, es muy variable: ciertos machos presentan un comportamiento muy simple que se traduce por una disminución del porcentaje de acoplamientos logrados; otros son capaces de adoptar este comportamiento a la topografía del sitio de reproducción.

Las feromonas intervienen durante el comportamiento de cortejo, principalmente cuando el macho aproxima sus androconios en contacto con las antenas de la hembra; sin embargo, la utilización de un sistema androconial por parte del macho durante la conquista, no se limita a la acción de una feromona afrodisiaca, sino que se trata de una estimulación muy compleja que combina las señales químicas, táctiles y visuales. Por esta razón el rol exacto de las feromonas de cortejo es aún muy difícil de caracterizar experimentalmente o de reproducirlas a partir de sustancias de síntesis.

Si el último objetivo del cortejo es la seducción de la hembra, en algunos casos se han podido evaluar las respuestas de comportamiento inmediatas originadas por la hembra, a consecuencia de una estimulación androconial:

**Inmovilización de la hembra:** Es el efecto observado normalmente; en este caso la estimulación androconial provoca una inhibición de la reacción de fuga, cuando el macho se acerca a su pareja.

#### **Modificaciones de posiciones**

**Atracción de la hembra:** La hembra es atraída cuando el macho camina a algunos centímetros sobre sus androconios (Grapholita molesta).

**Identificación específica:** En este caso la hembra intentará copular con un dispositivo trampa que tenga los androconios de un macho de su especie.

Los análisis de extractos de glándulas en la mayoría de los casos muestran feromonas complejas formadas de dos, tres y hasta 10 compuestos elementales diferentes.

**Aislamiento específico:** Muchas especies de Pyralidos de cultivos pueden atraerse mutuamente; sin embargo no se realizan acoplamientos interespecíficos por paradas nupciales inadecuadas y porque las feromonas de cortejo son diferentes (la hembra desprecia al macho de otra especie).

**Inhibición de otros machos:** El primer macho cortetano que llega cerca de la hembra inhibe la conquista de otros machos al mismo tiempo.

A diferencia de las glándulas de las hembras, las de los machos de Lepidopteros son muy variables tanto por su localización sobre el cuerpo del insecto

to, como por su estructura. El aparato androconial se puede considerar constituido por dos partes: un sistema glandular secretor y un sistema emisor; los dos pueden estar localizados a veces en segmentos diferentes del cuerpo del insecto. El órgano emisor está formado por escamas más o menos modificadas, que alcanzan a veces longitudes considerables. Todas las partes del cupero pueden estar involucradas; desde los palpos hasta la extremidad del tarso, pero los androconios se encuentran más frecuentemente a nivel de las alas y del abdomen.

El tipo más común es el que se encuentra en ciertos Nymphalidos, en los cuales las zonas secretoras y emisoras se confunden; es decir que la escama que posee la célula secretora está modificada para asegurar así la difusión de la feromona.

En otros tipos de estructuras la secreción está completamente aislada del medio exterior en reposo; caso contrario al del ejemplo anterior. Es el caso en que los androconios se encuentran en los Corema, tubos epiteliales exértiles que rodean las válvulas genitales. Este tipo de coremas se encuentran en grupos muy variados como los Tortricidae, Pyralidos y Danaides.

En estos casos, las células glandulares son células tricógenas modificadas que llevan una escama hueca, a veces minúscula, aunque la zona secretora esté lejos de la zona emisora. En la base de la escama se encuentra un reservorio limitado por un borde sedoso. Se piensa que la secreción pasa del reservorio, hasta la parte hueca de la escama para atravesar luego la pared de ésta.

Actualmente las feromonas sexuales de Lepidopteros son ampliamente utilizadas para la vigilancia y la lucha contra las especies dañinas.

La ultraestructura de estas glándulas ha sido estudiada en muy pocos casos; las células presentan un núcleo basal grande, las mitocondrias, los cuerpos de Golgi, los ribosomas libres y el ergastoplasma. En los electrones se observan numerosas inclusiones opacas que no se les ha encontrado relación alguna con la secreción.

### III. ESTRUCTURA QUIMICA DE LAS FEROMONAS SEXUALES

Es imposible de hacer aquí una revisión exhaustiva

de las sustancias identificadas en Lepidopteros. La más reciente es la de Arn y otros (1986) que reúne 308 especies en las cuales se analizaron las glándulas de feromonas, por métodos fisicoquímicos (235 feromonas hembras y 73 feromonas machos). Si se añade a estas las especies capturadas para el "Screening" de las cuales no se conocen los productos de síntesis, el número pasa de 1.114. Sin embargo, los compuestos identificados tienen numerosas características comunes; se dará una idea de las feromonas más representativas de cada grupo.

### FEROMONASHEMBRAS

Los análisis de extractos de glándulas en la mayoría de los casos muestran feromonas complejas formadas de dos, tres y hasta 10 compuestos elementales diferentes. Se trata de cadenas de hidrocarburos lineales que comprenden 10 a 18 átomos de carbono que llevan una función primaria, acetato o aldehído. Estas moléculas se caracterizan además por la presencia de uno o dos radicales insaturados cuya posición geométrica es fundamental para la especificidad del mensaje químico.

La metodología de biosíntesis de estas feromonas han sido descubiertas recientemente. En todo los casos, los precursores de las feromonas hembras son los ácidos grasos.

Ciertas familias como las Arctiidae o las Geometridae, utilizan las moléculas no funcionales que pueden llevar hasta cuatro insaturaciones o presentan funciones épidos al interior de la cadena.

Al origen de las glándulas secretoras, la estructura de las feromonas sexuales de las hembras de Lepidopteros es muy homogénea, porque no poseen ni cadenas laterales ni cíclicas. Además existen relaciones estrechas entre la estructura química y la posición sistemática de las especies (quimiotaxonomía), aunque con numerosas excepciones; conviene ser prudente cuando se trata de este aspecto. La razón principal se encuentra en que la feromona sexual es a la vez el resultado de la **evolución** y su **herramienta** en el (proceso de la especiación por ejemplo); las relaciones quimiotaxonómicas satisfactorías a nivel de los taxa superiores (familia o subfamilia), se alteran a veces cuando se estudian las tribus o los grupos de especies estrechamente relacionadas. Uno de los ejemplos mejor conocido se relaciona con la familia de los Tortricidae, en

el cual los Tortricinae utilizan compuestos con 14 átomos de Carbono mientras que los Olethreutinae presentan cadenas de 12 átomos.

Los atractivos sexuales de Lepidopteros son rigurosamente característicos de la especie que los produce, lo cual no significa que esta especificidad se encuentre con las feromonas de síntesis porque la especificidad concierne ante todo a la composición química de la mezcla feromonal. Otros criterios intervienen para impedir las atracciones interespecíficas, como el biotipo, la simpatía, la fenología o simplemente el período de actividad sexual en el curso del ciclo nictemeral: En ciertos casos extremos, las atracciones interespecíficas pueden producirse, pero las diferencias de comportamiento de cortejo respectivos impiden a las hembras aceptar los machos.

Los pocos compuestos que han podido ser identificados en los androconios de los machos de Lepidopteros presentan estructuras mucho más variadas que en las hembras.

La metodología de biosíntesis de estas feromonas han sido descubiertas recientemente. En todos los casos, los precursores de las feromonas hembras son los ácidos grasos. En *Argyrotaenia velutinana* (Tortricidae), la feromona es una mezcla de acitoxy 1, tetradeceno IIZ y de su isómero E en proporción 91/9 (Zy T 14: Ac. y E 11 14:Ac). Se ha demostrado que el ácido exadecanoico sufre una disminución de dos carbonos y forma el ácido tetradecanoico sobre el cual actúa una II desaturasa específica. La última etapa es la reducción de la acetilación de compuestos; parece que sea únicamente en esta última etapa que interviene una estricta regulación.

#### FEROMONAS MACHOS

Los pocos compuestos que han podido ser identificados en los androconios de los machos de Lepidopteros presentan estructuras mucho más variadas que en las hembras. Se encuentran sustancias que derivan del metabolismo de los ácidos grasos, como en las hembras, y moléculas típicamente de origen vegetal, como los terpenos o los alcaloides.

Aunque no se conozca hasta ahora sino pocas feromonas machos, se han podido establecer las relaciones quimiotaxonómicas. Así en el género *Mythi-*

*mna* (Noctuidae, Hadenidae), las tres especies pertenecientes al subgénero *Mythimna* (*M. pallens*, *M. impura* y *M. Conigera*) producen solo benzaldehído mientras que en las dos subespecies del subgénero *Pseudaletia* poseen además un alcohol bencílico y el ácido correspondiente. En el caso de las feromonas machos, la especificidad, en principio, es más de comportamiento que químico; así que no es raro encontrar secreciones idénticas en especies taxonómicamente muy próximas.

#### IV. UTILIZACION AGRICOLA DE FEROMONAS SEXUALES

Actualmente las feromonas sexuales de Lepidopteros son ampliamente utilizadas para la vigilancia y la lucha contra las especies dañinas. Estos son los atractivos sexuales, es decir los compuestos de síntesis que reproducen la secreción feromonal emitida por las hembras; estos compuestos han sido comercializados por los supervisores agrícolas y para el control de insectos por confusión de sexos.

El trapeo en masa de mariposas fue recomendado inicialmente para el control de plagas; pero la experiencia ha mostrado que este sistema no es eficaz, si no se captura más del 90 % de machos presentes en un cultivo, lo cual es prácticamente imposible de realizar sin inversiones considerables. En la actualidad el trapeo en masa no se utiliza sino contra las plagas de granos almacenados.

La emergencia de los adultos se produce durante el crepúsculo o al oscurecer el llamado sexual comienza cuando las alas de las mariposas hembras se han secado; en las hembras mayores el llamado ocurre en el crepúsculo.

Los supervisores agrícolas tienen por objeto vigilar la evolución de la población de las principales plagas de un cultivo dado, para informar al agricultor de la necesidad de intervenir contra tal o cual especie cuya población cause daños superiores a los niveles de tolerancia preestablecidos. Se han investigado métodos de muestreo de poblaciones para las especies dañinas. Para los Lepidopteros, se ha impuesto rápidamente el trapeo sexual por feromonas de síntesis como un método de vigilancia simple y económico, desde que los atractivos estuvieron comercialmente disponibles para la mayor parte de especies dañinas de las regiones templadas.

Se investigaron diversos tipos de trampas, teniendo en cuenta el tamaño del insecto y su comportamiento de aterrizaje.

El modelo más difundido es de forma prismática que posee una placa inmóvil untada de pegante, sobre la cual se pegan los insectos, la cápsula atractiva (en caucho o polietileno), está localizada en el Centro de la placa. Esta trampa es eficaz para especies pequeñas pero es rápidamente saturada y las características del pegante varían en función de las condiciones atmosféricas. Otro tipo de trampa, destinada especialmente para especies grandes (Noctuidos) está constituida por un cilindro vertical abierto en lo alto.

La cápsula atractiva está colgada en el interior del cilindro, en la parte superior. Los machos caen sobre la superficie exterior de la trampa y penetran caminando por las aberturas situadas en la parte alta. Estos mueren a medida que llegan, por acción de una plaqueta de insecticida o por el agua mezclada con una sustancia mojanete.

#### El trapeo sexual aporta tres tipos de información:

- Presencia o ausencia de la especie:** La no presencia de insectos evita los tratamientos inútiles; su presencia permite precisar la repartición geográfica de las plagas potenciales.
- **Fecha de aparición de adultos:** El conocimiento de la biología de la especie permite prever la fecha de las primeras posturas y la eclosión de larvas; esto es particularmente importante para determinar el control a efectuar; por ejemplo tratamientos específicos contra los huevos o cuando la biología endófitica de las larvas impone el empleo de insecticidas antes de la penetración de las larvas jóvenes en los tejidos.
- **Estimación de los niveles de población:** Es el punto más delicado porque se capturan adultos y se trata de evaluar la abundancia de poblaciones larvales en el cultivo, para decidir o no la utilización de un tratamiento.

En Europa, las feromonas son utilizadas por los supervisores agrícolas, en árboles frutales, viticultura y contra la Pyrale del maíz.

El control por confusión sexual es un método de lucha directa con feromonas de síntesis. El principio es simple aunque el mecanismo en sí no sea muy comprendido: Se difunden en el cultivo cantidades de feromonas de síntesis (15 a 30 gr/ha)

para la Carpocapsa de los manzanos, tales que los machos no sean capaces de localizar las hembras para acoplarse. Parece que los procesos de hábito intervienen en la confusión: sobreestimulados por la sustancia de síntesis, los machos no reaccionan más a la feromona emitida por las hembras presentes en el cultivo. El problema que presenta este método es la disminución de la eficiencia cuando aumentan las poblaciones; es posible que la plasticidad del comportamiento sexual de esos insectos sea tal, que pueden intervenir otros mecanismos diferentes a la atracción feromonal, cuando la densidad es importante (una atracción visual por ejemplo).

Para el estudio electrofisiológico,  
se fraccionó un extracto en tres partes,  
por cromatografía micropreparada.  
Estas tres fracciones se probaron por  
Electroantenografía (EAG)  
sobre la antena de los machos y  
por los registros sensoriales.

La confusión es un método eficaz, pero delicado a realizar; necesita un previo conocimiento profundo de la especie, de la agrobiocenosis y de todos los factores abióticos propios del cultivo considerado. Se plantea igualmente el problema de la formulación de feromonas que deben dispersarse en todo el cultivo, sin evaporarse en pocas horas. En efecto, la confusión sexual se adapta para uso en cultivos grandes, donde se puede aplicar aspersión aérea.

Así se han obtenido resultados espectaculares en Estados Unidos contra el gusano rosado del algodón **Pectinophora gossypiella**.

#### IDENTIFICACION DE LA FEROMONA SEXUAL DE *Stenoma cecropia* MEYRICK PLAGA DE LA PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA

En Francia en el Instituto de Investigaciones Agronómicas (INRA), desde 1985 comenzaron las investigaciones sobre los insectos dañinos en palma de aceite en América del Sur, principalmente con **Rhycolophorus palmarum** (Coleoptera: Curculionidae) y el Lepidoptero **Stenoma cecropia**, en colaboración con la Sociedad de INDUPALMA que administra las plantaciones de Colombia y Ecuador.

**S. cecropia** es una especie polífaga cuyas poblaciones son abundantes, como en la plantación Colombiana de San Alberto (Cesar). En período de fuerte

ataque, es posible recolectar rápidamente un gran número de larvas de últimos instar o de ninfas, para criarlas en laboratorio.

## MATERIALES Y METODOS

Las pupas de *S. cecropia* fueron recolectadas diariamente en las parcelas más atacadas de la plantación de San Alberto. Los cuernos larvarios se abrieron y las pupas se separaron por sexos de acuerdo a la morfología de los poros genitales. Estos insectos se depositaron en cajas aireadas provistas de un tapón de algodón húmedo, hasta la emergencia de los adultos; las ninfas fuera de su receptáculo (cuerno), son muy sensibles al desecamiento. Una parte de las ninfas se colocó en fotoperíodo natural (día de 6 h 30' a 18 h 30"); otra en una cámara en fotoperíodo adelantado (5 h 30' a 16 h 30').

En todas las mariposas,  
el encuentro de sexos significa la  
atracción de un sexo por el otro.  
Aunque la visión juega un rol importante,  
esta atracción es esencialmente química,  
cuando la hembra emite un feromona a  
distancia que atrae al macho a distancia.

La emergencia de los adultos se produce durante el crepúsculo o al oscurecer el llamado sexual comienza cuando las alas de las mariposas hembras se han secado; en las hembras mayores el llamado ocurre en el crepúsculo.

Se caracteriza por la extensión plana de las alas (normalmente perpendiculares en posición de reposo); la evaginación de los últimos segmentos abdominales que llevan la glándula feromonal es poco visible.

La extracción de las glándulas de feromonas de las hembras se efectuó diariamente de las 6 h 30' a las 18 h 30' (fotoperíodo alterado y de las 18 h 30' a las 20 h 30' (fotoperíodo natural) sobre hembras de 24 a 48 h de edad (fotoperíodo alterado).

Las glándulas se disecaron y se depositaron en 1 ml de Exano (Cario Erba Codex purificado), a la temperatura del Nitrogeno líquido. Cuando todas las hembras fueron disecadas, el frasco con las glándulas se colocó a - 5°C hasta el día siguiente. El extracto se filtró en fibra de vidrio y se concentró sobre nitrógeno gaseoso hasta un volumen de 100 microlitros. El mismo extracto filtrado se recon-

centró diariamente aumentando las extracciones del día anterior, hasta obtener aproximadamente el equivalente de 700 glándulas por extracto.

En esta forma se realizaron en la plantación tres extracciones de 684, 759 y 557 glándulas, correspondiendo a un total de 2.000 hembras. Todos estos extractos naturales se conservaron a - 5°C.

Para el estudio electrofisiológico, se fraccionó un extracto en tres partes, por cromatografía micro-preparada. Estas tres fracciones se probaron por Electroantenografía (EAG) sobre la antena de los machos y por los registros sensilares, cortando la extremidad de una sensila tricoidal, de manera a poderla pasar por un electrodo de registro ultrafino.

## RESULTADOS

Los tres extractos mencionados se analizaron por cromatografía en fase gaseosa (CG) acoplada a la espectrometría de masa (CG-SM). Parece que los estratos soportaron el viaje y las temperaturas altas. El análisis de un testigo solvente concentrado efectuado en la plantación, en las mismas condiciones, mostró que ninguna alteración pueda ser atribuida al solvente utilizado o al método de concentración en Nitrógeno gaseoso.

Los tres extractos presentan el mismo perfil en CG y muestran la presencia de no menos de 12 compuestos, de los cuales la mayoría no están implicados en la composición feromonal (ceras cuticulares o secreciones de glándulas accesorias).

La selección sexual  
actúa de manera intensa sobre los machos  
que deben rivalizar en seducción  
para ser escogidos finalmente por  
las hembras.

El extracto de 759 hembras se separó por cromatografía preparada en tres fracciones; la actividad de estas fracciones se midió por registros electrofisiológicos sobre la antena de machos enviados de Colombia. La actividad global de la antena (EAG) mostró que la fracción I produce depolarizaciones significativamente superiores a las dos otras fracciones (media: F1 = -2,05 mV, F2 = 1, 37 mV, F3 = - 1,37 mV, Testigo Aire = +0,25 mV.

Este resultado fue confirmado por los registros unitarios al nivel de las sensillas olfatorias donde

TABLA. Respuestas observadas para la estimulación de las sensillas tricoideas de *Stenoma cecropia* con diversos compuestos de síntesis.

	Sencil			probadas			
	A	B	C	D	E	F	G
Compuestos (500 mg)							
Z9-1h Ac						0	
Z9 E11-14: Ac	++	++	++	+	0	+	+
E9 E11-14: Ac	0	0					
E9 Z11-14: Ac	0	0					
Z9 E12-14: Ac	0	0					
E9 E12-14: Ac	0	0	0				
E9 Z12-14: Ac	0	0	0				
Z9 Yne11-14: Ac					+	++	
E9 Yne11-14: Ac	0		0				
Z9-14: Ald					0		
Z9 E11-14: Ald						+	
Z9 Yne11-14: Ald					+	+	+
Z9 E12-14: OH	0	0				0	
Z9 Yne11-14: OH					0	0	
E9 Yne11-14: OH		0	0			0	

0: Ningún aumento descubierto en la frecuencia de la actividad espontánea de los potenciales de acción.  
 + v ++: Aumento sensible de la frecuencia donde (++) aumento comparable al provocado por el extracto natural.

solo la estimulación por la fracción I originó las descargas de potencial de acción sobre los receptores considerados.

El análisis por CG-SM de esta fracción I, revela la presencia de cuatro compuestos alifáticos insaturados que llevan la función oxígeno terminal; dos acetatos y dos aldehidos. El comportamiento de estos compuestos en cromatografía, su fragmentación característica y la comparación con las muestras originales permitió identificar el tetradecodieno - 9Z, 11E al (Z9E11-14: ALd) y el acetoxi-1 tetradecadieno - 9Z, 11E (Z9E11-14AC).

Subsiste una ambigüedad sobre los dos últimos compuestos de los cuales los espectros podrían corresponder ya sea a dos triénos, acetato y aldehido o a dos enienos, acetato y aldehido.

Los dos enienos, Z9 Yne11-14: Ald y Z9 Yne11-14: Ac se sintetizaron pero su comportamiento y su actividad sobre la antena (ver tabla), no reproducen exactamente los de los compuestos del extracto (numerosas sensillas se probaron y no responde a los productos ensayados hasta hoy, con excepción de la fracción I del extracto).

Las estructuras de estos dos productos son probablemente triénicas: tetradecatrienas 9Z, 11E, 13 al (Z9 E 11 13 14: Ald) y acetoxi-1 tetradecatrieno 9Z, 11E, 13 (Z9 E 11 13-14: AC).

La síntesis de estos compuestos está actualmente en experimentación y los experimentos de trameos en la plantación de San Alberto deberán comenzar próximamente.

## DISCUSION

La secreción feromonal de *Stenoma cecropia* consta de cuatro compuestos: Z9E11-14: Ac 8%; Z9E11-14: Ald = 16% Z9 E11 13-14: Ac = 13% 14: Ac = 18% y Z9E11 13-14: Ald - 58%. La verificación final de la identidad de estos compuestos no puede hacerse sino mediante pruebas de amplio rango de atractividad. Los compuestos identificados o triénos son completamente originales en los Lepidopteros. Otros estudios revelan que son característicos de Stenomidae, pequeña familia neotropical en la cual las feromonas hasta el presente no habían sido estudiadas.

Si el atractivo de síntesis se muestra eficaz sobre el terreno, el tamaño de las plantaciones de palma de aceite nos autoriza a emprender las posibilidades de establecer el control directo por confusión sexual, el cual podría reducir significativamente las poblaciones de este defoliador de las palmas.

## CONCLUSIONES

En todas las mariposas, el encuentro de sexos significa la atracción de un sexo por el otro. Aunque la visión juega un rol importante, esta atracción es esencialmente química, cuando la hembra emite un feromona a distancia que atrae al macho a distancia. Actualmente no se conocen sino dos grupos en los cuales la reunión de parejas sexuales está regulada por otro mecanismo: en los Pyralidae, Galleriinae, en los cuales el macho que emite a distancia un feromona atractiva para la hembra y en Rhopalocera en los cuales la atracción sexual parece ser puramente visual. En todos los casos los conocimientos no se aplican al conjunto del Orden; no se sabe nada de los Lepidopteros más primitivos como los Monotrysiens y los Exoporiens (Hepiales). Si algunas estructuras aparentemente produc

La manipulación del comportamiento de los seres vivos es aún cosa delicada; un insecto no es una máquina y sus reacciones no serán jamás totalmente predecibles.

toras de hormonas de cortejo se han podido describir, el determinismo del encuentro de sexos no se ha establecido todavía.

Según Greenfield (1981), el sistema de encuentro sexual en que la hembra selecciona a distancia su macho mediante una sustancia química, es extraordinariamente bien adaptado a la biología de los Lepidopteros, en los cuales la mayoría de especies son de hábito crepusculares o nocturno.

El gasto energético es mínimo y esas feromonas muy específicas, son poco utilizadas por los predadores, organismos esencialmente polívoros. En los grupos más primitivos los Ditrysiens (Tineoidea y Gelechioidea), las parejas utilizan ampliamente las feromonas sexuales para encontrarse; también en el caso de Hetéroceros diurnas como los Zygaenidae o los Sesiidae.

Se puede entonces lanzar la idea de que este sistema corresponde a un carácter ancestral de los Lepidopteros (al menos en los Ditrysiens) de donde habían evolucionado los mecanismos diferentes de los Galleriinae y de los Papilionidae.

En los machos, al contrario, no es posible trazar grandes líneas filogenéticas, a partir de la existencia de tal o cual tipo de aparato androconial. Su aparición es completamente discontinua de una especie

a la otra y se puede pensar que en este caso se trata de especializaciones secundarias.

La selección sexual actúa de manera intensa sobre los machos que deben rivalizar en seducción para ser escogidos finalmente por las hembras. En esta óptica, la evolución de caracteres sexuales secundarios como los androconios, puede ser muy rápida y producir divergencias considerables entre especies de diferenciación reciente.

En espacio de 20 años, el estudio de las feromonas ha tenido un impulso considerable cuyos resultados se encuentran en todos los trabajos de Biología de insectos. Una gran parte de la investigación se ha concentrado en las feromonas sexuales de Lepidoptera, lo cual ha permitido su aplicación sobre el terreno; han pasado en un tiempo récord, del laboratorio al campo y actualmente son prácticas de rutina usadas principalmente por los supervisores agrícolas.

La manipulación del comportamiento de los seres vivos es aún cosa delicada; un insecto no es una máquina y sus reacciones no serán jamás totalmente predecibles. Esta plasticidad del comportamiento pone evidencia la importancia de los estudios etiológicos de laboratorio y de campo y del riesgo que puede haber al extrapolar un comportamiento de una especie a la otra.

**CERRADORAS DE SACOS  
FISCHBEIN**



- Cerradoras portátiles y de columna.
- Eléctricas o neumáticas.
- Costuras de uno o dos hilos.
- Accesorios para cerrado con cinta.
- Sistemas lineales de producción automática.
- Hilo, repuestos y servicio técnico especializado.

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO PARA COLOMBIA

**Comercial Pacífico L.D. Ltda.**

Calle 71 No. 13-56 - Tels. 248 0183 - 249 3159 - 235 7553 - Fax: 217 3112  
A. A. 10975 - Télex 45441 GASC CO - Bogotá, Colombia

**COMAGRARIA  
LTDA.**

Ofrecemos para suministro local:  
Borato Calcita o Bórax Natural, Tonsil óptimo para desodorizar, blanquear y eliminar la acidez en Grasas y Aceites Comestibles.

Hyflo Super - Cel para filtración final antes del envase.

Carbones Activados DARCO - NORIT para blanqueo y eliminación de olores.

Equipos Industriales: Centrífugas, secadoras, reactores, homogenizadores, mezcladoras, dispersadores, separadores, válvulas, quemadores, controles, manómetros, termómetros.

Hergill: 2623826 - 2623597

Télex: 42207 BOGOTA D.E.

FEDEPALMA: Tels. 2556875 - 217 5347