

INFORME TÉCNICO FINAL PROYECTO

“Identificación, síntesis y uso de sustancias semioquímicas (Feromonas y Kairomonas) que afecten el comportamiento de la cuncunilla de las hortalizas, *Copitarsia turbata* (Lepidoptera: Noctuidae), aplicación en monitoreo y control”

I. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre del Proyecto: “Identificación, síntesis y uso de sustancias semioquímicas (Feromonas y Kairomonas) que afecten el comportamiento de la cuncunilla de las hortalizas, *Copitarsia turbata* (Lepidoptera: Noctuidae), aplicación en monitoreo y control”

Código: FIA-PI-C2003-1-A-024; Regiones de ejecución: IV y VIII

Fecha de adjudicación: 19 Diciembre 2003

Agente Postulante: Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Coordinador del Proyecto: Marcos Gerding París

Costo Total: \$ 140.952.000

Aporte del FIA: \$ 74.746.000 (53.03 %)

Período de ejecución: Diciembre de 2003 a Febrero de 2008

OFICINA DE PARTES - FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	29 FEB. 2008
Hora	10:20
Nº Ingreso	989

II RESUMEN EJECUTIVO

Copitarsia turbata (= *Copitarsia decolora*) al igual que otros fitófagos buscan su fuente de alimentación y lugar de oviposición a través de señales químicas emitidas por sus especies hospederas. En este sentido y frente a las restricciones fitosanitarias que imponen los principales mercados esta investigación tuvo por objetivo aislar, identificar y evaluar la respuesta de *C. turbata* hacia compuestos semioquímicos (Feromonas y Kairomonas) de espárrago, con el fin de obtener una formulación para la producción comercial de un producto a base de sustancias atrayentes o repelentes, para el control de esta plaga, que además de ser específico, no afecte al medio ambiente ni a la salud de las personas. Así, al producir hortalizas para exportación libres de esta plaga, y sin aplicaciones de pesticidas, se estará logrando un producto competitivamente superior, lo que favorecerá la participación de espárragos Chilenos en los principales mercados de destino como EE.UU y Europa.

III. TEXTO PRINCIPAL

1. Resumen de la Propuesta

Numerosas especies de lepidópteros de la familia nóctuidae, constituyen plagas significativas para la agricultura Chilena (Artigas y Angulo, 1973). En particular, la cuncunilla de las hortalizas, *C. turbata* (recientemente redefinida como *Copitarsia decolora*), se encuentra ampliamente distribuida en nuestro país, y es descrita como una especie cosmopolita y polífaga, que presenta un amplio rango de plantas hospederas silvestres, cultivadas y ornamentales (Simmons y Scheffer, 1994). Adicionalmente al daño directo causado por la alimentación de las larvas sobre especies cultivables, este insecto posee importancia cuarentenaria para algunos importantes mercados de exportación (Araya y Lamborot, 1995). De este modo, en espárragos esta plaga provoca pérdidas directas al alimentarse de turiones (Larraín, 1996), y su presencia es causal de rechazo por parte de algunos mercados como Estados Unidos, donde es considerada como una plaga cuarentenaria por su alta fecundidad, polifagia y capacidad para generar más de una generación al año (Urta y Apablaza, 2005). En relación con las medidas de control la literatura indica que el control químico es posible, sin embargo los insecticidas posibles de aplicar para su control dependen del mercado de destino y además los métodos físicos no han sido satisfactorios (Urta y Apablaza, 2005), y a pesar de los controles que se efectúan para evitar la presencia de

huevos y larvas de *C. turbata* en los productos de exportación, esta plaga es capaz de producir pérdidas de hasta 11.000 cajas de espárrago fresco, en alcachofa en tanto, puede provocar pérdidas de hasta un 14% de los capítulos comerciables. La dificultad del manejo de esta polilla radica en el hecho de que no esta necesariamente asociada al cultivo, pues se encuentra en una amplia variedad de hospederos. Además, puede llegar a los turiones de espárragos o a los capítulos de alcachofas en la misma planta de embalaje o a través de los medios de transporte. En las cabezuelas de alcachofas y en los turiones de espárragos las larvas se alojan en la cara interior de las brácteas por lo que muchas veces pasa inadvertida a simple vista y es difícil de ser alcanzada por algún insecticida.

Por otro lado, el uso inapropiado y excesivo de pesticidas ha contribuido a la eliminación de fauna benéfica, problemas de carencia y residualidad además de contaminación ambiental. Ante la búsqueda de alternativas de control basadas en productos naturales que no afecten el ambiente ni la salud de las personas han adquirido gran importancia en el último tiempo el uso de sustancias semioquímicas dentro de las cuales destacan las feromonas y kairomonas. Estos son compuestos químicos que los insectos utilizan para la comunicación entre ellos o de ellos con su entorno e influyen en una gran variedad de comportamiento como: apareamiento, demarcación de territorio, demarcación de caminos y de lugares de alimentación. Las feromonas sexuales podrían ser utilizadas para confundir a los machos de la polilla y así evitar que ubiquen a la hembra y copulen, mientras que las kairomonas, pueden atraer a los machos y hembras vírgenes y fecundadas. La identificación y utilización de alguno de estos compuestos podría llevar a desarrollar un método de control de la polilla más eficaz que los actualmente utilizados ya que se evitaría el apareamiento entre adultos de *C. turbata* y la entrada al cultivo de hembras fecundadas, logrando así producir hortalizas limpias, con la ventaja de no afectar a enemigos naturales de la polilla y no producir toxicidad ni contaminación pues se trata de compuestos naturales, biodegradables.

2. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

En relación con los antecedentes antes descritos, el presente proyecto propuso identificar la feromona de atracción sexual de *C. turbata* y los compuestos volátiles presentes en espárragos (posibles kairomonas) responsables de su atractivo para estos insectos y utilizar estos resultados en el desarrollo de sistemas de monitoreo y control de la plaga.

2.2 Objetivos específicos

1. Identificar y sintetizar feromonas de *C. turbata* y compuestos semioquímicos en plantas de espárragos.
2. Seleccionar e identificar los principios químicos que atraen a la polilla mediante el uso de antenógrafos.
3. Desarrollar unidades de liberación de los productos comerciales atrayentes seleccionados.
4. Aplicar en el campo y evaluar su efectividad.
5. Difundir los resultados y preparar la formulación comercial.
6. Realizar estudios de campo de efectividad de las sustancias identificadas mediante capturas en trampas

En relación con el objetivo específico N° 1, se logró establecer un protocolo de crianza y masificación de *C. turbata*, lo que permitió un suministro permanente de insectos para el desarrollo del proyecto. Se obtuvieron extractos de glándulas de hembras vírgenes de *C. turbata*, en los que se detectó dos compuestos identificados como ácido hexa y octadecanoico. La literatura indica que las feromonas sexuales de muchas especies de polillas son estructuras relativamente simples consistentes de una cadena hidrocarbonada con un grupo funcional y uno o varios dobles enlaces. Así se ha informado que estos compuestos participan como precursores de feromonas en otras especies de Lepidópteros. En el transcurso del proyecto un grupo de investigación Mexicano, liderado por el Dr. Julio Rojas, identificó la feromona sexual de *C. turbata* (= *C. decolora*) como (z)-9-tetradecenil acetato y (z)-9-tetradecenol, esto es el resultado de más de 8 años de investigación realizada por este grupo. Por consiguiente, con los componentes de la feromona identificados se sintetizaron en el laboratorio de química de la Universidad de Concepción, posteriormente se realizó un ensayo de campo. Por otra parte, se obtuvieron extractos y volátiles de espárragos. En relación con los compuestos de espárragos, se

investigó el rol de los extractos en la conducta de machos de *C. turbata*, y adicionalmente se incluyeron algunos compuestos estándares comerciales indicados en la literatura como pertenecientes a espárrago. En bioensayos de laboratorio se encontró un extracto (extracción con dimetilformamida) con alguna actividad atrayente para hembras de *C. turbata*.

Posteriormente y según lo planteado en el objetivo específico N° 2, se estudio la actividad biológica de estos extractos hacia individuos machos de *C. turbata*, mediante cromatografía de gases acoplada a electroantenografía (GC-EAG). Los resultados de esta actividad no fueron concluyentes.

En los objetivos específicos N° 3, 4 y 6 se planteó el desarrollo de unidades de liberación de los productos comerciales atrayentes y su posterior evaluación en campo. Respecto a estos objetivos, se sintetizaron los componentes de la feromona y se ensayaron diferentes proporciones de estos (4:1, 10:1 y 100:1, alcohol:acetato) para evaluar su efectividad en campo. La mezcla 10:1 resultó ser la mejor para atraer a machos de *C. turbata* en campo, por lo que puede ser utilizada como una herramienta en el monitoreo y de esta plaga. Respecto al objetivo específico N° 5, se presentaron algunos resultados parciales en una charla en el XXVIII Congreso Nacional de Entomología, realizado en Noviembre de 2006 en la Ciudad de Temuco. Además se realizaron exposiciones en la Feria agrícola Expo-INIA versiones año 2006 y 2007 y charlas técnicas de las giras de estudios de alumnos de agronomía de las universidades Santo Tomas, Pontificia Universidad Católica, de Chile y de Concepción. Adicionalmente se desarrollaron prácticas de 4 alumnos del Liceo Agrícola de Cato, 5 prácticas de alumnos de ultimo año de la carrera de Agronomía de las Universidades de Concepción, Santo Tomas y de Chile y se desarrolló una tesis de grado de agronomía, Universidad de Concepción. Sin embargo, respecto a la preparación de la formulación comercial que se planteó en este objetivo, se logró sintetizar los componentes de la feromona y estudiar su efectividad en campo con septos de goma impregnados. A partir de este estudio se identificó una mezcla atrayente (z-9-tetradecenol : z-9-tetradecenil acetato, 10:1) quedando aún por evaluar otros soportes o sistemas de liberación controlada distintos a los septos y otras trampas, que optimicen el uso de la feromona y por ende los recursos para así lograr una alternativa de mercado competitiva a los sistemas de control existentes para esta plaga.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1 Obtención de *Copitarsia turbata* para su multiplicación.

El material inicial se obtuvo desde trampas fototrópicas (Foto 1) instaladas en Curicó, de donde se logró colectar a una hembra copulada que ovipuso cerca de 100 huevos. Estos huevos fueron incubados a 23°C y un fotoperíodo de 16:8 (Luz: Oscuridad) obteniendo un 85% de sobrevivencia de larvas neonatas, estas larvas fueron “sembradas” directamente sobre una dieta artificial y se colocaron en cámara de crianza con las mismas condiciones ambientales que la incubación.

3.2 Protocolo de crianza y masificación para *C. turbata*

Se inició una colonia de *C. turbata* en laboratorio a partir de individuos, de distintos estados de desarrollo, colectados desde la Estación Experimental Santa Rosa del INIA-CRI Quilamapu. Las larvas se alimentaron a base de una dieta artificial (Tabla 1) para su desarrollo, multiplicación y posterior utilización en estado adulto.

Tabla 1. Dieta artificial para *C. turbata* modificada de Larraín (1996).

Ingredientes	Cantidad
Porotos (remojados y pelados)	168,0 g
Levadura de cerveza.	32,0 g
Germen de trigo.	80,0 g
Acido ascórbico.	3,2 g
Napagin.	2,0 g
Acido sórbico.	1,0 g
Formalina.	2,0 cc
Agua.	520 cc
Agar.	12,8 g en 500 cc de agua.

3.3 Protocolo de crianza de *C. turbata* a partir de larvas

- Identificar y colectar larvas de *C. turbata* en cultivos hospederos
- Trasladarlos en un breve periodo de tiempo a laboratorio, evitando el canibalismo de las larvas con la adición de follaje de los cultivos.
- En laboratorio, disponer las larvas en contenedores plásticos individuales (50 cc.) conteniendo la dieta artificial (1 cc. aprox.)

- Mantener las larvas a 25° C y con fotoperíodo de 14 h luz:10 h oscuridad
- Los contenedores con las larvas deben ser observados diariamente, y en caso de contaminación o falta de dieta (Tabla 1), las larvas deben ser transferidas a un contenedor limpio con una nueva ración de dieta
- Al estado de pupa es posible identificar el sexo de los individuos de acuerdo a lo indicado por Angulo y colaboradores (1998) (Figura 1).
- Una vez emergidos los adultos son trasladados, a contenedores de vidrio de 20x20x20 cm. o a frascos de vidrio (18 cm. de alto por 7,5 cm. de diámetro), en una proporción de 2 machos por cada hembra con el fin de asegurar la copula y fertilización de las hembras.

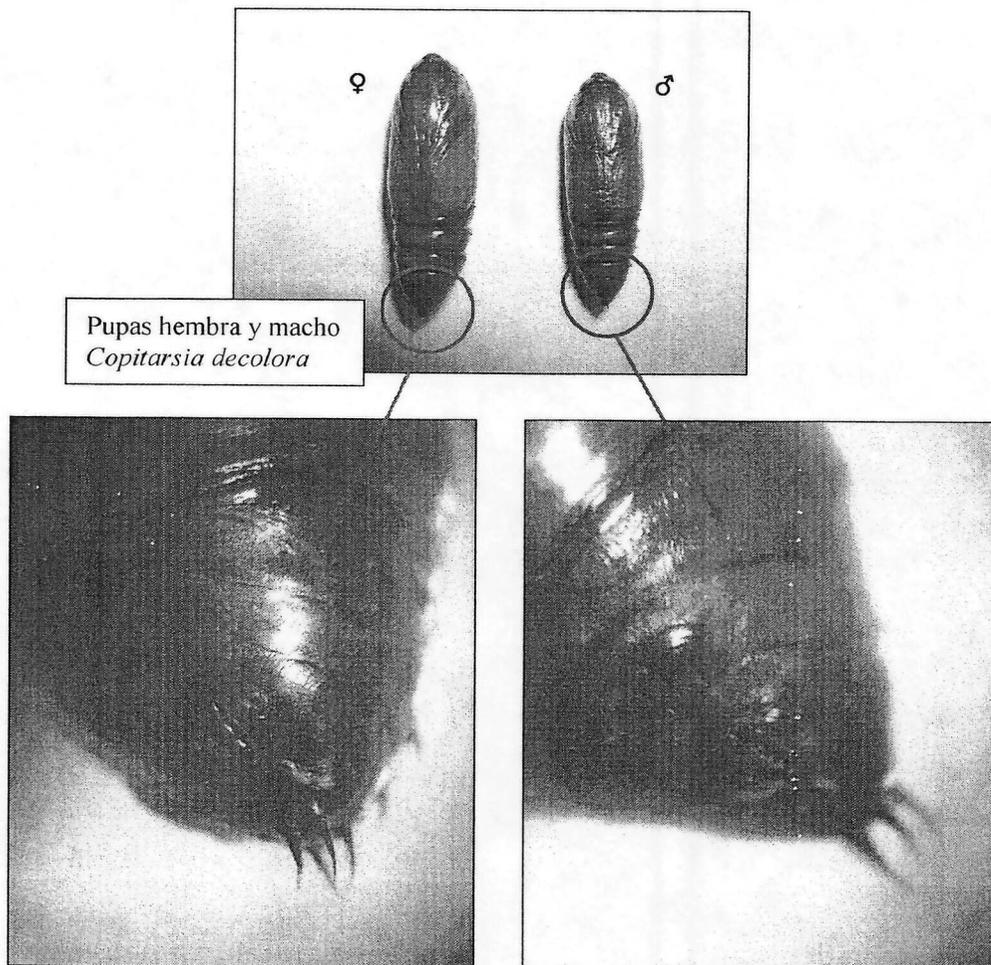


Foto 4. Pupa hembra

Foto 5. Pupa macho

Figura 1. Dimorfismo sexual de *C. decolora*.

3.4 Extractos glandulares de hembras vírgenes de *C. turbata*

Se seccionaron abdómenes de hembras vírgenes para obtener sus glándulas, se emplearon individuos de cuatro días de vida. Las secciones abdominales se refluieron por treinta minutos en n-hexano y se filtraron. Posteriormente, se evaporó parte del solvente en un evaporador rotatorio, el residuo se guardó con n-hexano y los productos se analizaron mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC-MS (Cromatógrafo Hewlett Packard HP-5890 serie 2, espectrómetro de masas HP 5972). Se utilizó una columna capilar HP5MS de 30 metros. El programa de temperatura utilizado fue: 30° C por 15 minutos, rampa de 2° C min.⁻¹ hasta 170°, se mantiene a esta temperatura por 15 minutos. Se continúa con una segunda rampa de 5° C min.⁻¹ hasta 210° C y se deja fijo a esa temperatura durante 20 minutos.

3.5 Extractos de espárragos

Para la obtención de extractos se colectaron, lavaron y trozaron turiones de espárragos, los que posteriormente fueron sometidos a diferentes protocolos de extracción química con solventes (dimetilformamida, hexano y heptano) y captura de compuestos volátiles por micro-extracción en fase sólida (SPME). Los extractos obtenidos fueron analizados mediante GC-MS. La identificación de los compuestos individuales en los extractos se realizó mediante co-inyección de estándares comerciales, calculo de índice de Kovats y búsqueda en librería de espectros de masas.

3.6 Protocolo obtención de extractos de espárragos

Los espárragos (*Asparagus officinalis L*), fueron colectados desde la Estación Experimental Santa Rosa de INIA –CRI Quilamapu, posteriormente fueron trasladados y procesados en el laboratorio de química de la Universidad de Concepción. Se utilizó el procedimiento de extracción discontinua: En un recipiente (400 mL) se adicionan 50 g de sulfato de sodio anhidro (como desecante), se adicionan 200 g de espárragos frescos y se cubrieron con Dimetilformamida (dmf), Etanol o n-heptano (extractantes). Siete días después el extracto se filtra y almacena en ampollas de vidrio (100 µl) para su análisis y futuros ensayos.

3.7 Síntesis, determinación de concentración y pruebas de atracción de feromona sexual y kairomonas

Esta actividad se realizó dado que algunos de los compuestos indicados en la literatura como pertenecientes a espárragos no se encuentran comercialmente disponibles. En particular se han obtenido vía síntesis química los componentes de la feromona.

Rojas y col. (2006) identificaron la feromona sexual de *C. turbata*, la cual corresponde a una mezcla de (z)-9-tetradecenil acetato y (z)-9-tetradecenol. Sin embargo, dado que esta investigación fue desarrollada en México y al amplio rango de distribución de *C. turbata* fue necesario evaluar esta mezcla de compuestos para determinar si la proporción de estos componentes es la misma que en otras latitudes. Por lo anteriormente descrito se procedió a la síntesis de estos compuestos y su evaluación en campo.

4. ACTIVIDADES Y TAREAS EJECUTADAS

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se plantearon las siguientes actividades:

- Producción de una colonia de *C. turbata* en laboratorio
- Obtención y análisis de extractos glandulares de hembras vírgenes,
- Obtención y análisis de extractos de espárragos en solventes de polaridad variada,
- Colecta de compuestos volátiles de espárragos en terreno mediante microextracción en fase sólida,
- Análisis por cromatografía de gases-electroantenografía para determinación de compuestos biológicamente activos presentes en los diferentes extractos,
- Síntesis de los componentes de la feromona sexual de *C. turbata*,
- Estudios de campo de efectividad de las sustancias identificadas mediante capturas en trampas.

5. RESULTADOS

5.1 Crianza de *C. turbata*

Aún cuando el desarrollo del protocolo de crianza fue exitoso la mortalidad de esta especie en condiciones de laboratorio alcanza entre 70% y 75% (Rojas y col., 2006). Sin embargo, esta actividad permitió un abastecimiento constante de individuos para la realización del proyecto y permitirá desarrollar futuras investigaciones con esta especie o con otras mediante su adaptación.

5.2 Extractos glandulares

El análisis GC-MS de los extractos glandulares permitió detectar dos compuestos desde los extractos de hembras vírgenes los que se identificaron como ácido hexa y octadecanoico (Figuras 2 y 3). En relación con este resultado la literatura indica que las feromonas sexuales de muchas especies de polillas son estructuras relativamente simples consistentes de una cadena hidrocarbonada con un grupo funcional y uno o varios dobles enlaces. Así se ha informado que estos compuestos participan como precursores de feromonas en otras especies de Lepidópteros. Posteriormente se estudio la actividad biológica de estos extractos hacia individuos machos de *C. turbata*, esta actividad fue evaluada mediante GC-EAG. Los resultados de esta actividad no fueron concluyentes.

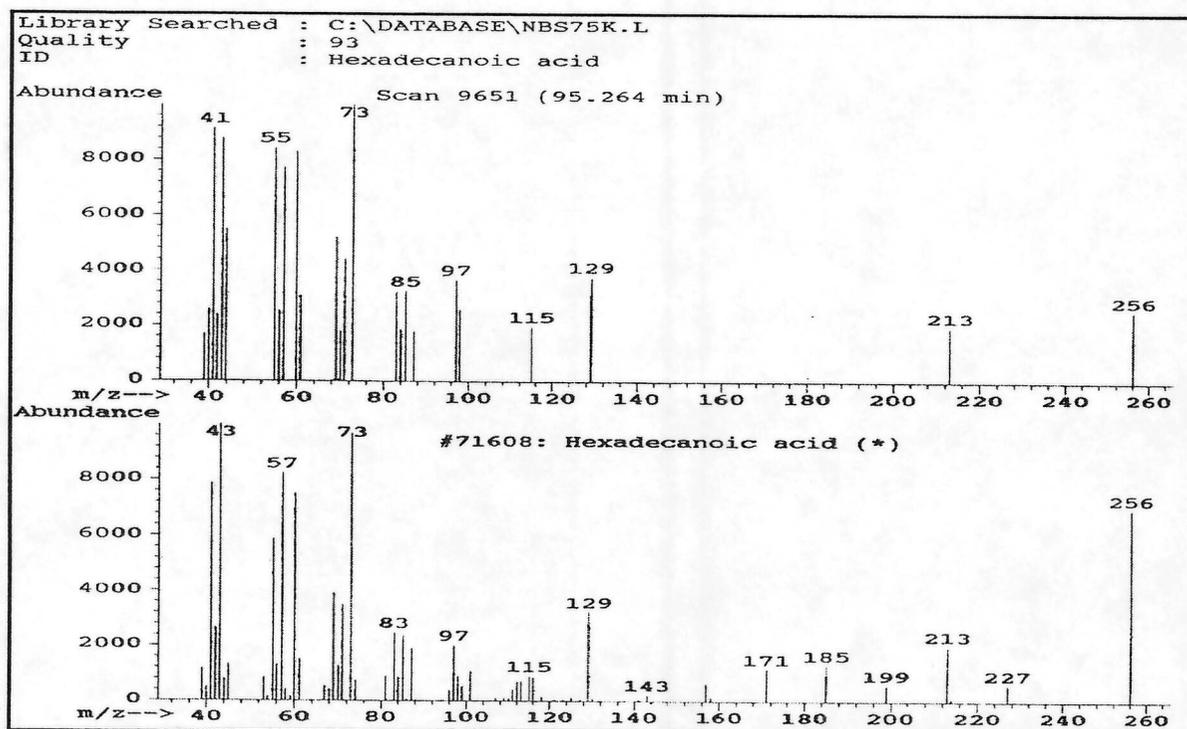


Figura 2. Espectro de masa de ácido hexanoico.

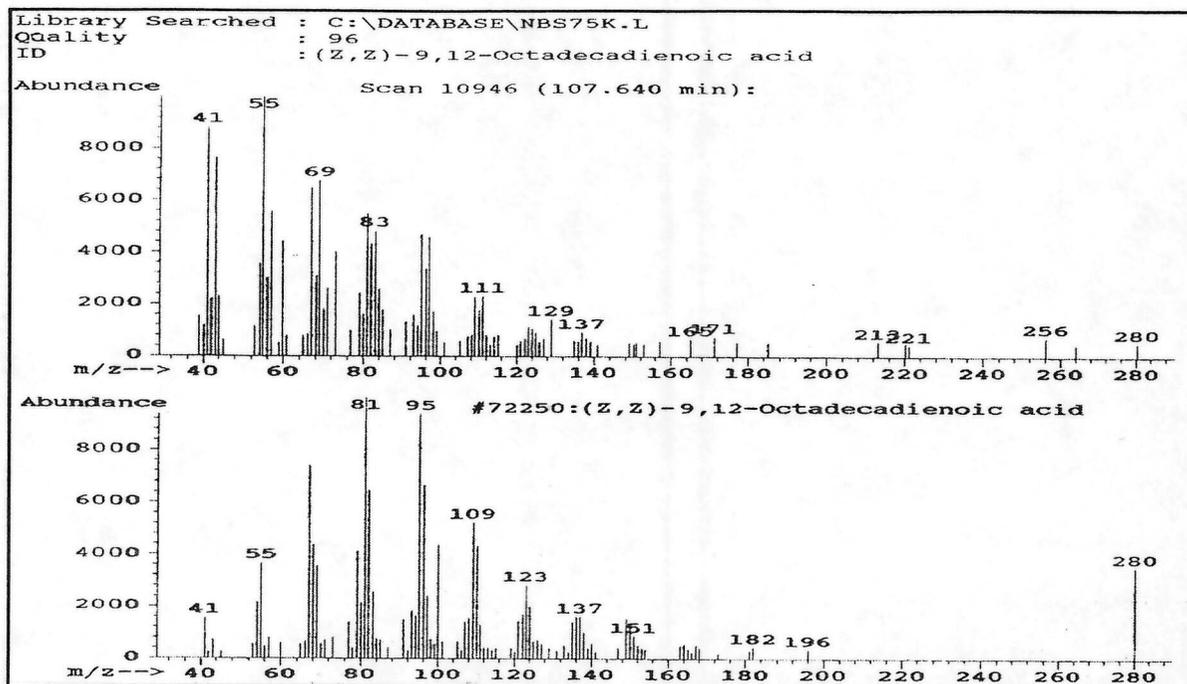


Figura 3. Espectro de masa de ácido octadecanoico.

5.3 extractos de espárragos

En relación con los compuestos semioquímicos de espárragos, los resultados indican que las técnicas extracción empleadas con solvente y SPME no produjeron resultados importantes, y fue necesario complementarlos con otras técnicas como Headspace con plantas vivas en laboratorio y campo. Posteriormente se investigó el rol de los extractos en la conducta de machos de *C. turbata* de algunos compuestos estándares comerciales indicados en la literatura como pertenecientes a espárrago. La actividad biológica de estos compuestos fue evaluada mediante electroantenografía, bioensayos olfativos con machos y hembras y determinación de las curvas de dosis-respuesta.

Estas muestras fueron identificadas mediante análisis GC-MS (Thermofinnigan, Modelo DSQ, Figuras 4-6).

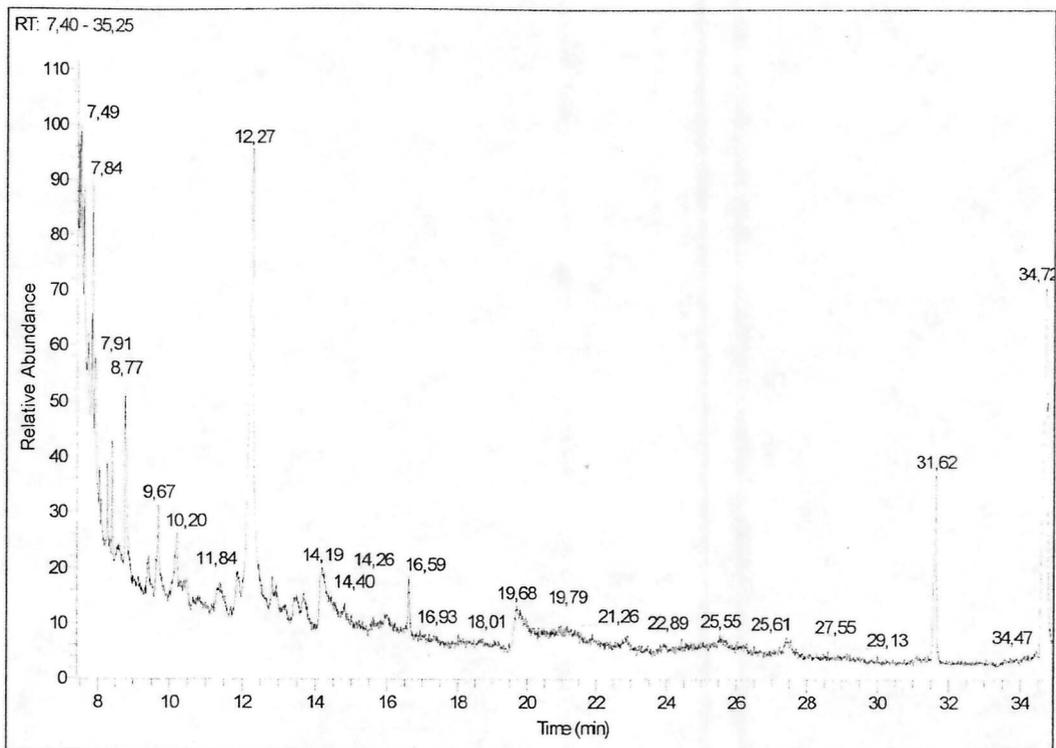


Figura 4. Cromatograma extracción con dmf

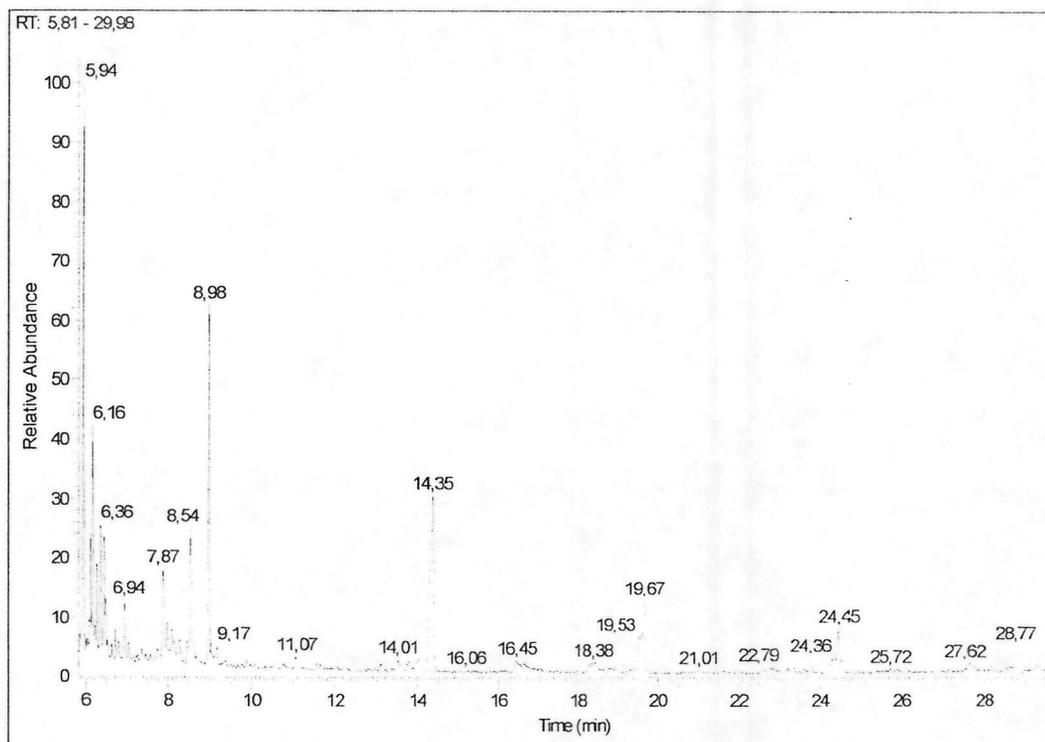


Figura 5. Cromatograma extracción con heptano

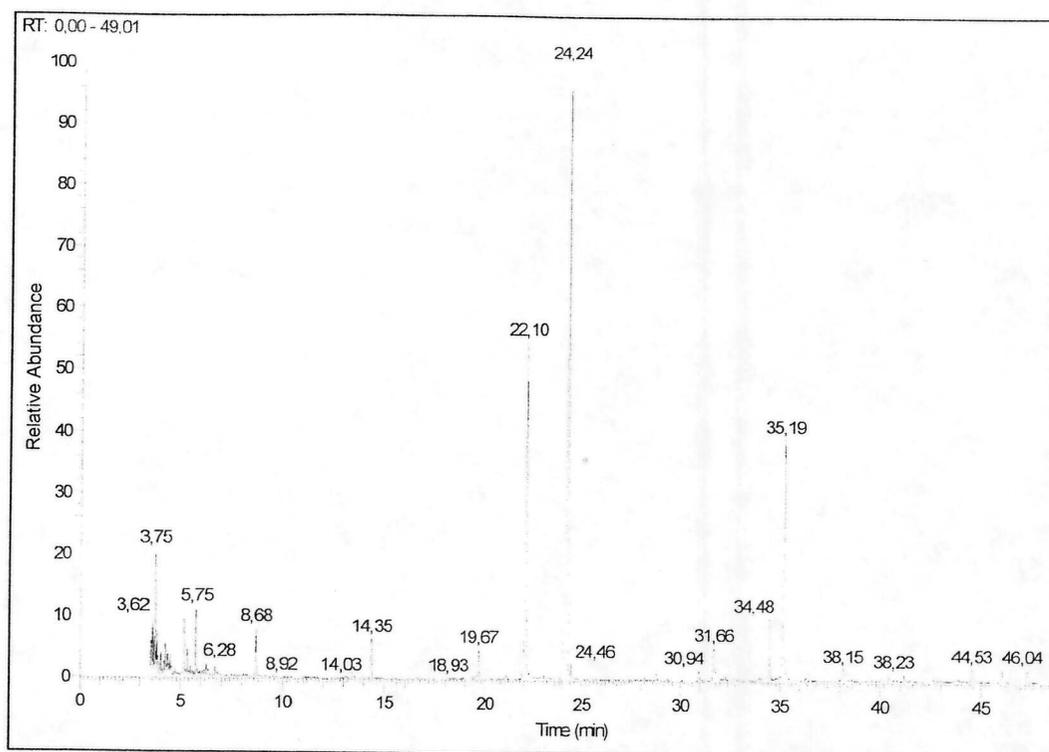


Figura 6. Cromatograma extracción con etanol

5.4 Bioensayos

Por medio de bibliografía, inyección de estándares y búsqueda en base de datos de librería de espectros de masa se de identificación y seleccionaron dos compuestos para realizar una curva de dosis respuesta, dentro de la cual se evaluó cinco cantidades de cada compuesto (1000; 100; 10; 1; 0,1 μg) y los extractos dmf, etanol y n-heptano, los cuales fueron los obtenidos según en protocolo de extracción. Además se evaluó la actividad biológica de estos extractos mediante ensayos de preferencia con *C. turbata* y los resultados obtenidos en esta etapa fueron presentados en una conferencia al XXVIII Congreso Nacional de Entomología (Figuras 9-12).

En relación con los extractos de espárrago, las hembras de *C. turbata* fueron significativamente atraídas hacia los extractos obtenidos con dmf (di-metil-formamida), permaneciendo 60%, 27% y 13% del tiempo total del bioensayo en la zona del extracto, en la zona de decisión y en la zona control respectivamente (Figura 7). Con la información anterior se generó el índice de preferencia olfativa (adaptado de Kogan, 1972), el cual confirma la preferencia de *C. turbata*, basada en señales volátiles presentes en plantas de espárrago (Figura 8).

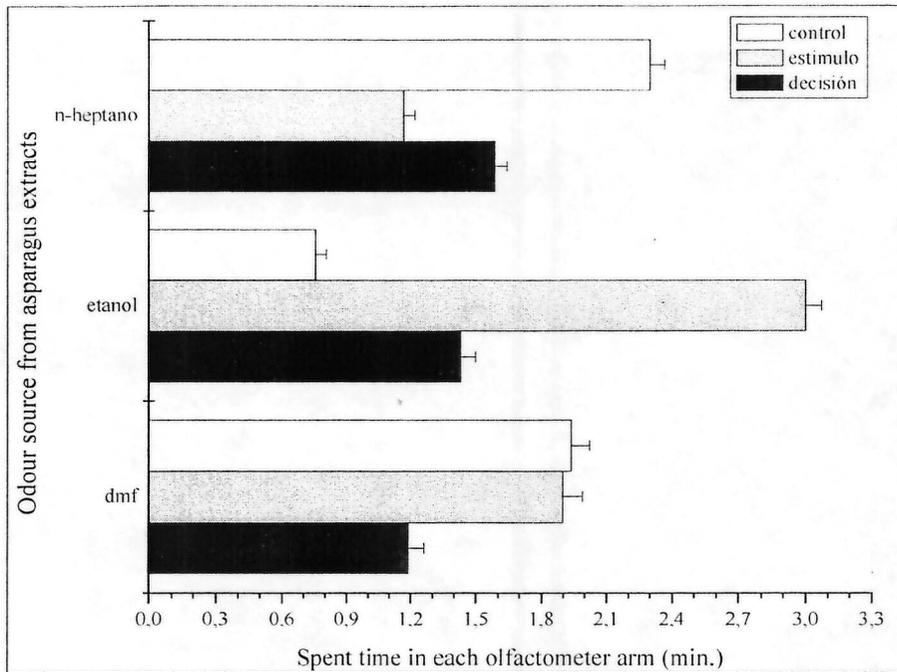


Figura 7. Respuesta olfativa de *C. turbata* hacia extractos volátiles de espárrago.

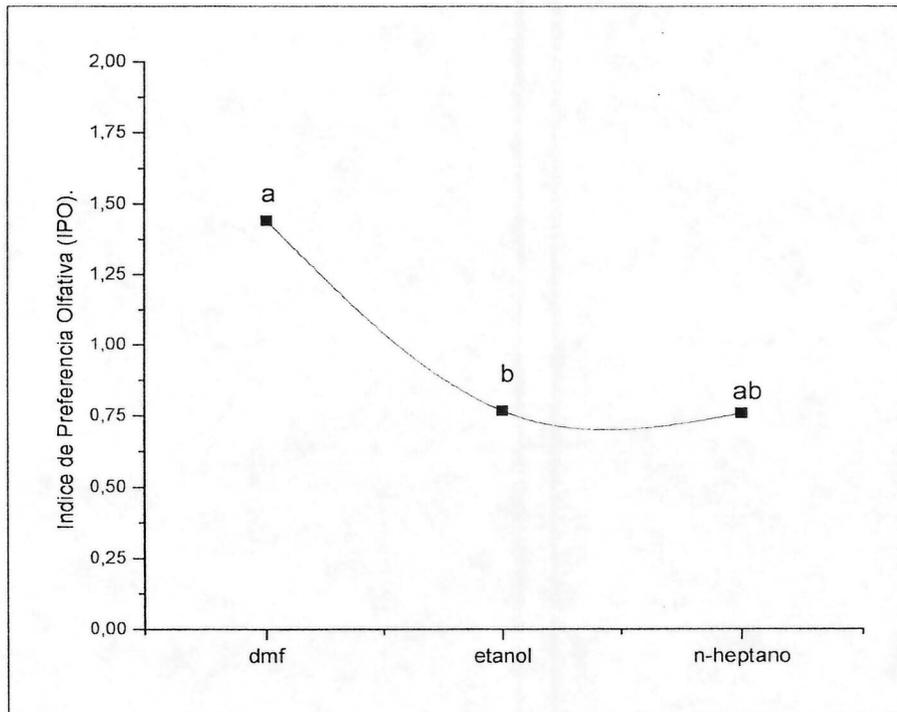


Figura 8. Índice de preferencia olfativa de *C. turbata* hacia extractos de espárragos.

Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Conover-Inman ($P < 0,05$).

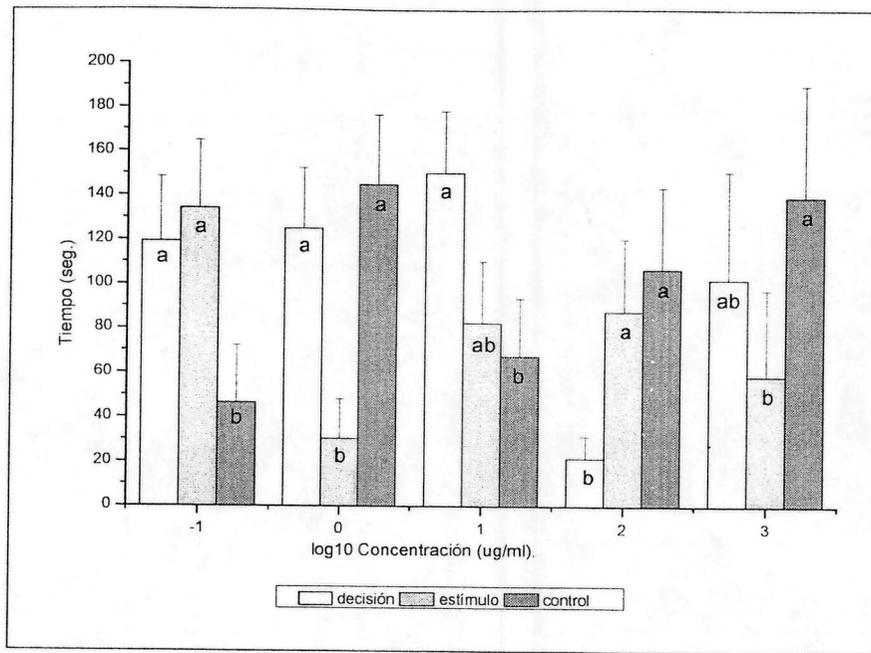


Figura 9. Respuesta olfativa de *C. turbata* a hexanal.

Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Conover-Inman ($P < 0,05$).

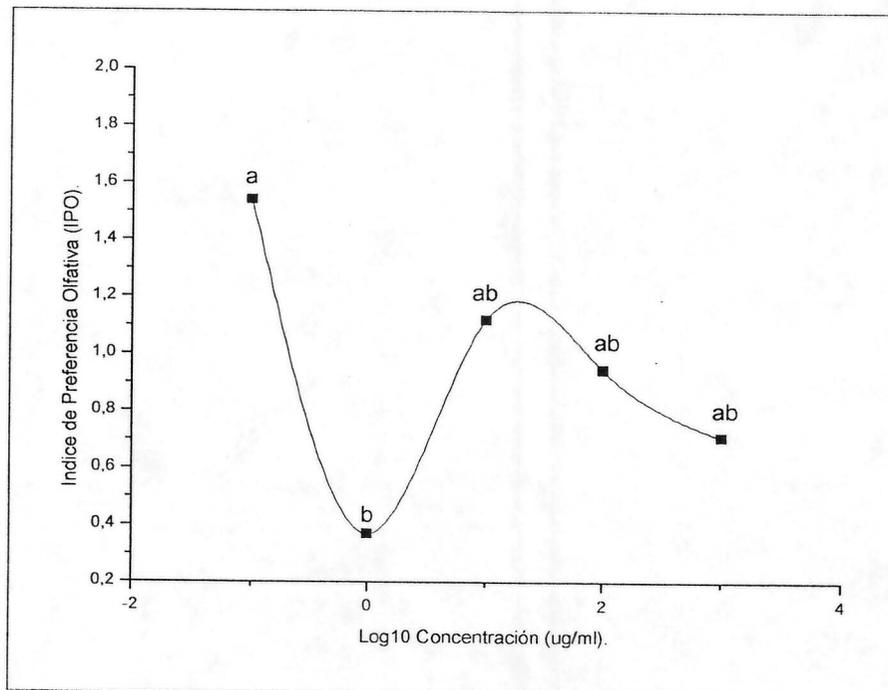


Figura 10. Curva dosis –respuesta de *C. turbata* a Cinco concentraciones de Hexanal (0,1, 1, 10, 100 y 1000 ug/mL).

Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Conover-Inman ($P < 0,05$).

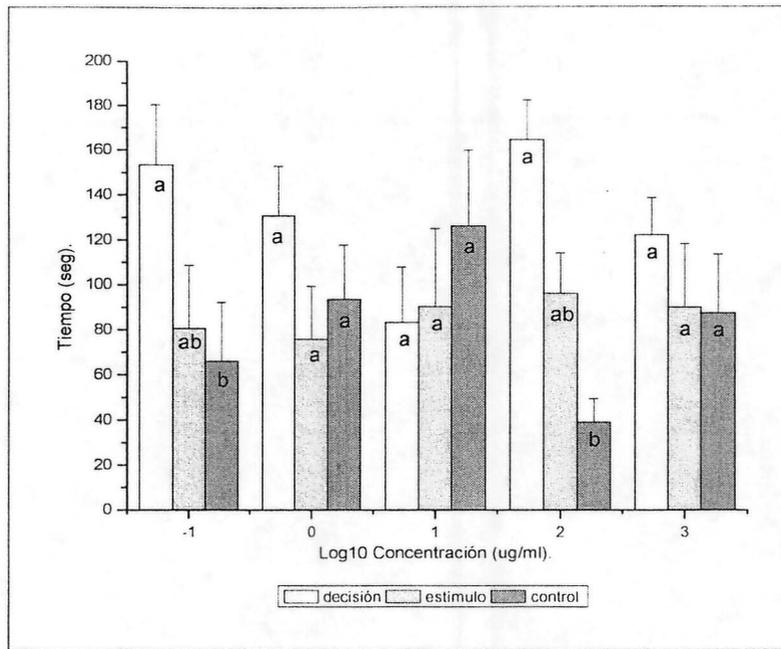


Figura 11. Respuesta olfativa de *C. turbata* a hexanal.
 Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Conover-Inman ($P < 0,05$).

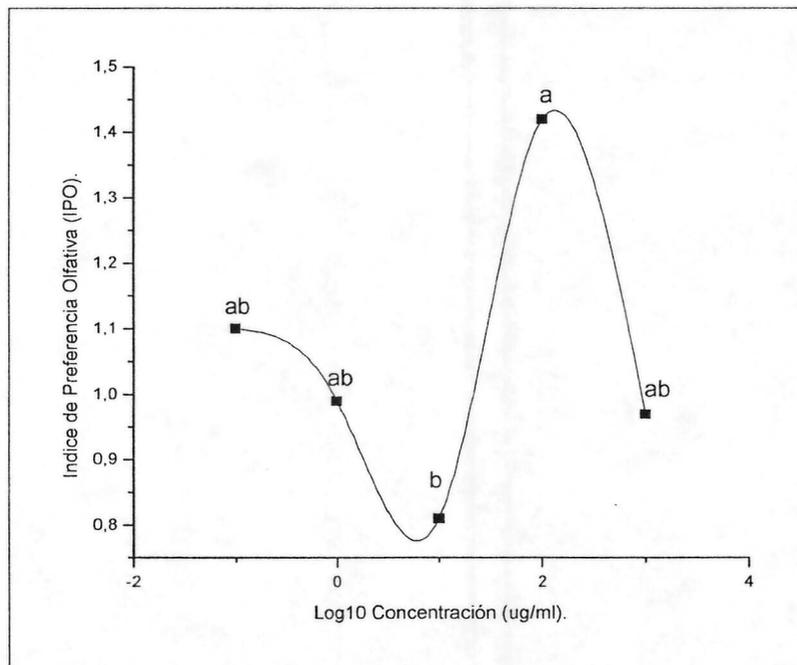


Figura 12. Curva dosis –respuesta de *C. turbata* a Cinco concentraciones de Hexenal (0,1, 1, 10, 100 y 1000 ug/mL).
 Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Conover-Inman ($P < 0,05$).

5.5 Síntesis de componentes de feromona sexual y ensayo de campo

Se obtuvo una de vía síntesis química para los componentes de la feromona sexual de *C. turbata*. La obtención de estos compuestos permitió evaluar en campo distintas proporciones de estos.

El ensayo de campo fue realizado entre octubre y Diciembre de 2007. Se utilizaron liberadores de caucho rojo de 8 mm (SIGMA) impregnados cada uno con 1 mg de la feromona sintética (z)-9-tetradecenil acetato y (z)-9-tetradecenol en tres proporciones: 4:1, 10: 1 y 100:1 (alcohol:acetato). Los septos de goma fueron fijados a trampas para lepidópteros.

Se contabilizaron los machos colectados por cada tratamiento cada siete días (Figura 13). La mezcla 100:1 resulto ser la mejor para atraer a machos de *C. turbata* (Figura 13), por lo que puede ser utilizada como una herramienta en el monitoreo y control de esta plaga.

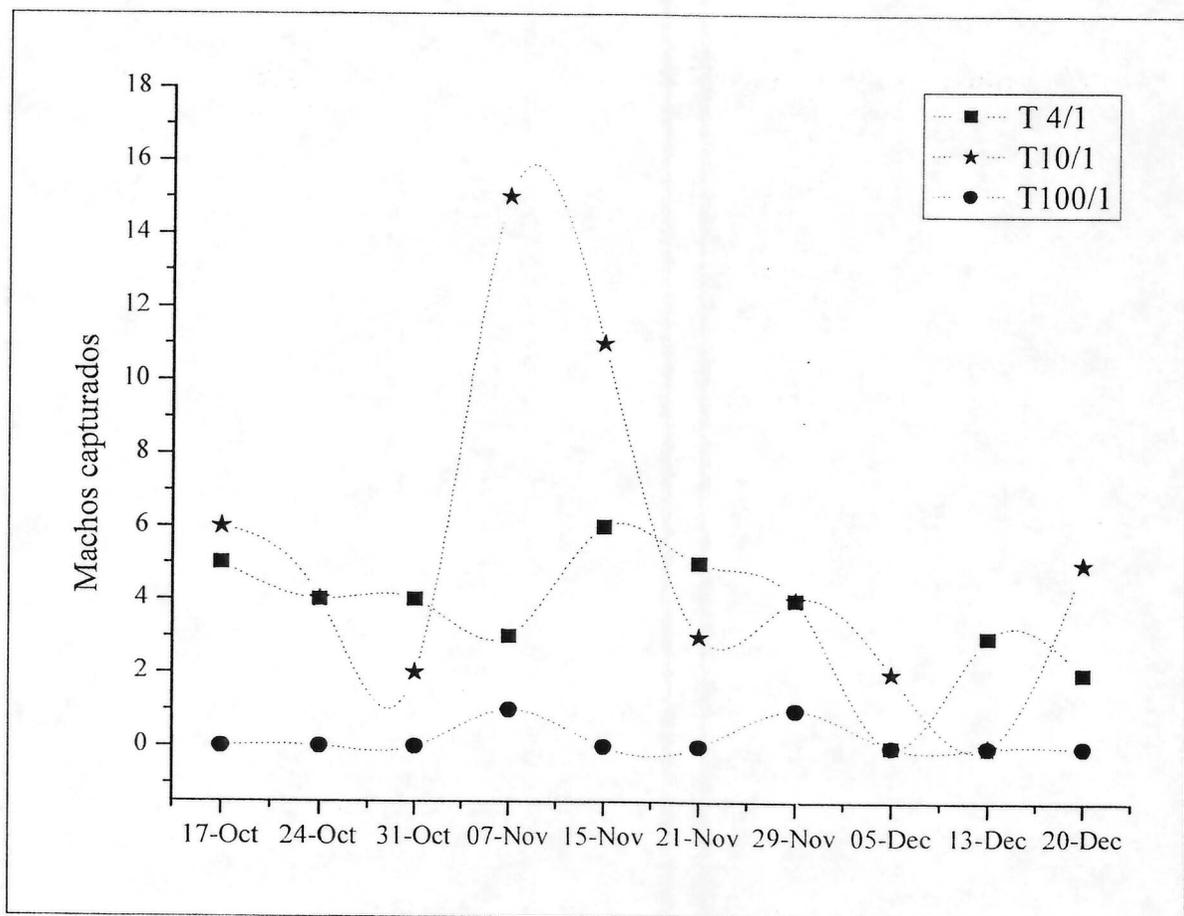


Figura 13. Machos capturados en terreno mediante trampas cebadas con distintas proporciones de los componentes de la feromona sexual de *C. turbata*.

T4/1: (z)-9-tetradecenol / (z)-9-tetradecenil acetato

T10/1: (z)-9-tetradecenol / (z)-9-tetradecenil acetato

T100/1: (z)-9-tetradecenol / (z)-9-tetradecenil acetato

7. PROBLEMAS ENFRENTADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La alta tasa de mortalidad de la especie (75-80%) al ser criada en condiciones de laboratorio demandó contar con una alta cantidad de individuos y por consiguiente requirió de mayor espacio en las salas de crianza y mayor cantidad de personal. Otro aspecto clave fue el carácter polífago de esta especie, lo que dificultó los bioensayos de actividad biológica de los compuestos, dado que se requirió aumentar el número de repeticiones en cada ensayo y por consiguiente un aumento en el tiempo de ejecución y análisis de los bioensayos, para así establecer inequívocamente la actividad de cada compuesto.

8. CALENDARIO DE EJECUCIÓN Y CUADRO RESUMEN DE COSTOS

8.1 calendario de ejecución

Obj. N°	Act. N°	Descripción	Fecha	
			Inicio	Término
1	1.1	Crianza de <i>C. decolora</i> + (Control de calidad)	Ene. 2004	Dic. 2007
1	1.2	Selección de hembras	Mar. 2004	Oct. 2007
	1.3	Preparación y extracción de feromonas	Mar. 2004	Dic. 2007
2	2.1	Obtención semioquímicos	Sept. 2004	Oct. 2007
2	2.2	Identificación de la feromona	Agt. 2005	Ene. 2007
2	2.3	Síntesis de feromona	Sept. 2006	Dic. 2007
	2.4	Identificación de la kairomona	Dic. 2005	Diciembre
3	3.1	Determinación de concentración de feromonas	Abril 2005	Oct. 2007
	3.2	Determinación de concentración de kairomonas	Jun. 2005	Oct. 2007
4	4.1	Pruebas de atracción (potencia) feromonas.	Oct. 2006	Dic. 2007
	4.2	Pruebas de atracción kairomonas (Laboratorio)	Oct. 2006	Nov. 2007
	4.4	Pruebas de persistencia (residualidad). kairomonas	Oct. 2006	Dic. 2007
4	4.6	Prueba de efectividad	Oct. 2007	Dic. 2007
5	5.1	Exposición día de campo*	Dic. 2006	Dic. 2007

* Se realizaron dos exposiciones en días de campo de la feria agrícola Expo-INIA versiones 2006 y 2007.

8.2 Resumen de costos

Respecto al resumen de costos, en el informe financiero complementario que será despachado próximamente se adjuntará esta información.

9. DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Algunos de los resultados se presentaron al XXVIII Congreso Nacional de Entomología, realizado en Noviembre de 2006 en la Ciudad de Temuco. Además se realizaron exposiciones en la Feria agrícola Expo-INIA versiones año 2006 y 2007 y charlas técnicas de las giras de estudios de alumnos de agronomía de las universidades Santo Tomas, Pontificia Universidad Católica, de Chile y de Concepción. Adicionalmente se desarrollaron prácticas de 4 alumnos del Liceo

Agrícola de Cato, 5 prácticas de alumnos de último año de la carrera de Agronomía de las Universidades de Concepción, Santo Tomás y de Chile y se desarrolló una tesis de grado de agronomía, Universidad de Concepción.

10. IMPACTOS DEL PROYECTO

El contar con la mezcla atrayente 10:1 de z-9-tetradecenil acetato : z-9-tetradecenol, es el impacto más importante logrado en este proyecto dado permite contar con una herramienta para el monitoreo y control de esta plaga. Impacto que en lo económico podría disminuir los rechazos en la exportación de espárragos por presencia de huevos de *Copitarsia turbata*, lo que redundará en una mejor calidad del producto y por ende en mejor precio. En los cultivos se vislumbra una disminución de pérdidas por daño directo de las larvas de la plaga. Esta mejora en su calidad, significará gran incremento en las ganancias de los agricultores y de las empresas que industrializan y exportan. La solución de este problema cuarentenario puede significar un incremento en la superficie plantada con espárragos y alcachofas, superficie que hoy día alcanza a aproximadamente 6000 has. Ambos cultivos son demandantes de mano de obra por lo cual su incremento en superficie tiene además un gran impacto social. Además, aumentará la calidad de ambos cultivos por efecto directo e indirecto al disminuir los residuos de pesticidas, lo que será de gran importancia a la hora de su comercialización.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se obtuvo un protocolo de crianza de *C. turbata* sobre dieta artificial en condiciones laboratorio.
- Se obtuvieron extractos de turiones de espárragos con dimetilformamida (dmf), etanol y heptano. El extracto con dmf resultó ser atrayente para hembras de *C. turbata*.
- Se sintetizaron los componentes de la feromona (z-9-tetradecenil acetato y z-9-tetradecenol), y su evaluación en campo determinó que la proporción 10:1 (alcohol:acetato) es la más efectiva para la captura de *C. turbata* por lo que se recomienda para ser utilizada como una herramienta en el monitoreo y control de esta plaga.
- Finalmente, estos resultados confirman la capacidad de *C. turbata* para reconocer mediante señales químicas a sus hospederos.

12. OTROS ASPECTOS DE INTERÉS

13. ANEXOS

14. LITERATURA CONSULTADA

- Angulo, A. O.; Jana-Sáenz, C.; Parra, L. E. y E. Castillo. 1990.** Lista de lepidópteros nóctuidos asociados a algunos cultivos en Chile (Lepidoptera: Noctuidae): status sistemático actual. *Gayana (Zool.)* 54 (1-2): 51-61.
- Angulo, A.O y T. Olivares. 1998.** Una aproximación acerca de la relación Planta-Insecto en algunas especies de lepidópteros nóctuidos del género *Pseudoleucania* Staudinger y *Scania* Olivares (Lepidoptera: Noctuidae). *Gayana (Zool.)* 62(2): 153-158 pp.
- Angulo, A.O y G. Weigert. 1975.** Estados inmaduros de lepidópteros nóctuidos de importancia económica en Chile y claves para su identificación (Lepidoptera: Noctuidae). *Bol. Soc. Biol. De Concepción. Publicación especial. 2:* 153 pp
- Artigas, J.N. y A.O. Angulo. 1973.** *Copitarsia consueta* (Walker) biología e importancia económica en el cultivo de raps. (Lepidoptera: Noctuidae). *Bol. Soc. Biol. De Concepción, Chile.* 46: 199-216.
- Castillo, E.E. y A.O. Angulo. 1991.** Contribución al género *Copitarsia* Hampson, 1906 (Lepidoptera: Glossata: Cucullinae). *Gayana (Zool.)* 55 (3): 227-246.
- Larraín, 1996.** Biología de *Copitarsia turbata* (Lep:Noctidae) Bajo Ambiente Controlado. *Agricultura Técnica (Chile)* 56 (3):220-223.
- Larrain, P. 1998.** Explosión del ataque de cuncunillas en la IV región. (Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín informativo de la Sociedad Chilena de Entomología.*

- Natale D., Mattiaci L., Hern A. Pasqualini E. and Dorn S. 2004.** Bioassay approaches to observing behavioural responses of adult female *Cydia molesta* to host plant odour. J. Appl. Ent. 128, 182-187.
- Olivares, T. y A. O. Angulo. 1996.** El órgano timpánico en la clasificación de Lepidoptera: Noctuidae. (Lepidoptera: Noctuidae). Gayana (Zool.)
- Parra, L. E.; Angulo, A. O. y C. Jana S. 1986.** Lepidópteros de importancia agrícola: clave práctica para su reconocimiento en Chile (Lepidoptera: Noctuidae). Gayana (Zool.) 50 (1-14): 81-116.
- Simmons, R. And Scheffer S.J. 2004.** Evidence of Cryptic Species Within the Pest *Copitarsia turbata* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 97(4): 675-680
- Araya. J y Lamborot. L.** Parasitismo de huevos y larvas de *Copitarsia turbata* en cultivos hortícolas en la región Metropolitana. Acta Ent. Chilena 19. Pp 129-133.1995.
- Artigas. J y Angulo. A.** *Copitarsia consueta* (Walker), biología e importancia económica en el cultivo de raps (Lepidoptera, Noctuidae). Boletín de la sociedad de biología de Concepción. Tomo XLVI, pp.199-216, 1973.
- Dudareva. N, Pichersky. E, y Gershenson. J.** Biochemistry of Plant Volatiles. Plant Physiology, August 2004, vol. 135, pp.1893-1902.
- Fontúrbel. F, Molina. C.** Mecanismos y estrategias de coevolución en plantas: un breve análisis de la coevolución planta-insecto. La Paz, Bolivia.
- Gerding. M, Devotto. L.** Plagas. En el Cultivo del Espárrago. pp: 165-179.
- González. M, del Pozo. A.** Boletín INIA N°6. Noviembre 1999.

- González, del Pozo. A.** El cultivo del espárrago. Boletín INIA N°6. Noviembre 1999
- Larraín. P.** Biología de *Copitarsia turbata* (Lep. Noctuidae) bajo ambiente controlado. Agricultura Técnica (Chile) 56(3): 220-223 (Julio - Septiembre, 1996).
- Paré. P, y Tumlinson. J.** Plant Volatiles as a Defense against Insect Herbivores. Plant Physiology, October 1999, Vol. 121, pp. 325-331.
- Urra. F and Apablaza J.** Threshold temperature and thermal constant for the development of *Copitarsia turbata* (Lepidoptera: Noctuidae). Cien. Inv. Agr. (in English) 32(1): 16-23. 2005

