



Resultados y Lecciones en **Semioquímicos** en Control de la Cuncunilla de las Hortalizas

Proyecto de Innovación en
**Regiones de Coquimbo
y de Biobío**



Fundación para la Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA



Resultados y Lecciones en Uso de Semioquímicos en el Control de la Cuncunilla de las Hortalizas (*Copitarsia decolora*)



Proyecto de Innovación en
Regiones de Coquimbo y de Biobío

Valorización a marzo de 2010



SERIE EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN PARA EL EMPRENDIMIENTO AGRARIO

Agradecimientos

En la realización de este trabajo, agradecemos sinceramente la colaboración de los productores, técnicos y profesionales vinculados al proyecto precursor y a los participantes en los talleres de difusión, especialmente a Marcos Gerding P., Ingeniero Agrónomo, MSc. Investigador Entomólogo; Ricardo Ceballos, Ingeniero Forestal, Dr.Sc, Química Ecológica.; Marco Espinosa, Ingeniero Agrónomo, Gerente de producción Exportadora Valle Suave Ltda.; María Inés González, Ingeniero Agrónomo, MSc. Investigadora de hortalizas y Paulina Erdmann, profesional FIA encargado del proyecto precursor.

Resultados y Lecciones en **Uso de Semioquímicos en el Control de la Cuncunilla de las Hortalizas (*Copitarsia decolora*), con Énfasis en el Cultivo de Espárrago de Exportación**

Proyecto de Innovación en las Regiones de Coquimbo y de Biobío

Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Registro de Propiedad Intelectual N° 218.548
ISBN N° 978-956-328-138-5

ELABORACIÓN TÉCNICA DEL DOCUMENTO

Rodrigo Cruzat G. y Constanza Bellolio J. - AQUAVITA Consultores Ltda.

REVISIÓN DEL DOCUMENTO Y APORTES TÉCNICOS

M. Francisca Fresno R. y M. Margarita Casadio P. - Fundación para la Innovación Agraria (FIA)

EDICIÓN DE TEXTOS

Andrea Villena M.

DISEÑO GRÁFICO

Guillermo Feuerhake

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Contenidos

Sección 1. Resultados y lecciones aprendidas	5
1. Antecedentes	5
2. Base conceptual de la herramienta tecnológica	7
2.1 Sustancias semioquímicas: feromonas y kairomonas.....	7
2.2 Aplicación de sustancias semioquímicas para la detección y control de insectos a nivel de campo.....	8
2.3 El daño y la importancia económica de la plaga.....	10
2.4 El control de la plaga	11
3. Objetivo del documento	12
4. Perspectivas de mercado.....	12
4.1 Situación mundial del espárrago	12
4.2 Situación nacional del espárrago.....	13
5. Alcances y desafíos de la opción de negocio	15
6. Alcances de la herramienta	18
7. Claves de viabilidad de la innovación	18
8. Asuntos por resolver	19

Sección 2. El proyecto precursor	21
1. El entorno económico y social.....	21
2. El proyecto	22

Sección 3. El valor del proyecto	29
---	----

ANEXOS	
1. Información productiva y económica	32
2. Identificación y obtención de sustancias semioquímicas	35
3. Literatura consultada	36
4. Documentación disponible y contactos	36



UNIVERSITY OF NORTH DAKOTA

Copitarsia decolora, larva madura

SECCIÓN 1

Resultados y lecciones aprendidas

El presente libro tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas sobre el control de cuncunilla en hortalizas, a través de la identificación, síntesis y uso de sustancias semioquímicas, a partir de un proyecto financiado por la Fundación para la Innovación Agraria, FIA. Se espera que esta información, que se ha sistematizado en este documento como “Documento de aprendizaje”,¹ aporte a los interesados elementos que le permitan adoptar decisiones productivas y potencialmente, desarrollar iniciativas relacionadas con este tema.

► 1. Antecedentes

Los análisis y resultados que se presentan en este documento han sido desarrollados a partir de las experiencias y lecciones aprendidas de la ejecución del “proyecto precursor”² denominado “Identificación, síntesis y uso de sustancias semioquímicas (feromonas y kairomonas) que afecten el comportamiento de la cuncunilla de las hortalizas, *Copitarsia turbata*³ (Lepidóptera: Noctuidae), aplicación en monitoreo y control”. Financiado por FIA y ejecutado por los Institutos de Investigaciones Agropecuarias de Quilamapu (Chillán) e Intihuasi (La Serena), junto a la Universidad de Concepción, entre diciembre del 2003 y febrero del 2008.

El proyecto tuvo como objetivo principal identificar la feromona de atracción sexual de *Copitarsia decolora* y los compuestos volátiles presentes en espárragos (kairomonas) –los responsables de atraer a estos insectos– y utilizar su resultado en el desarrollo de sistemas de monitoreo y control de la cuncunilla. De esta forma se responde a la necesidad de contar con una herramienta alternativa efectiva de control de esta plaga cuarentenaria.

¹ “Documento de Aprendizaje”: análisis de los resultados de iniciativas y proyectos con bajo potencial de aplicación inmediata por otros usuarios, pero con resultados valiosos y orientadores. Este documento consigna las oportunidades y los desafíos pendientes por abordar, y/o las limitantes que quedan por superar en las opciones analizadas deriva de los resultados, experiencias y aprendizajes generados en las iniciativas que le dieron origen (“proyectos precursores”).

² “Proyecto precursor”: proyecto de innovación a escala piloto financiado e impulsado por FIA, cuyos resultados fueron evaluados a través de la metodología de valorización de resultados desarrollada por la Fundación, análisis que permite configurar el plan de negocios aprendido que se da a conocer en el presente documento. Los antecedentes del proyecto precursor se detallan en la Sección 2 de este documento.

³ Actualmente denominada como *Copitarsia decolora*.

Además se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar y sintetizar feromonas de *C. decolora* y compuestos semioquímicos⁴ 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 la actualidad, la cuncunilla de las hortalizas (*Copitarsia decolora*) es una plaga de importancia económica en los espárragos y las alcachofas de exportación, por su frecuente ataque a los turiones⁵ de espárragos y capítulos⁶ de alcachofa. Su efecto es mayor aún por el impacto que puede causar en el nivel de rechazos en los envíos a los mercados de exportación, ya sea por la detección de estados inmaduros, huevos o larvas, vivos o muertos.

En la actualidad existen productos químicos que se pueden utilizar para el control de esta plaga que, en algunos casos, presentan limitantes de carencia y, en general, fuertes costos de aplicación. Por otra parte, no eliminan la posibilidad de que las hembras de la plaga puedan haber dejado huevos en los cultivos, los que también causan rechazo. Además, el control de esta polilla se complica porque se encuentra en una amplia variedad de hospederos, lo que hace que las fuentes de ingreso de la plaga sean múltiples. Este insecto es uno de los nóctuidos⁷ de mayor trascendencia agrícola debido a su alto grado de polifagia.

Dada la relevancia de esta plaga, el proyecto precursor tuvo como objetivo lograr disponer de una alternativa efectiva, de menor costo y más amigable con el medioambiente para su control. Sin embargo, esta tecnología no se encuentra en un estado de disponibilidad comprobada y para su uso inmediato por parte de los agricultores. Al contrario, tiene asuntos por resolver relacionados con la necesidad de ajustar los protocolos a nivel de terreno.

⁴ Semioquímicos: son compuestos químicos involucrados en la comunicación entre los animales, los cuales se dividen en feromonas y aleloquímicos. Las feromonas son sustancias que influyen en individuos de la misma especie y que pueden regular la maduración sexual, desarrollo o estado fisiológico, o pueden servir como un sistema de alarma para la reproducción sexual, la agregación de los individuos, el marcaje territorial o de ruta o sendero. Por otro lado, los aleloquímicos son de carácter interespecífico, es decir, actúan en individuos de especies diferentes, y pueden resultar benéficas al receptor o al emisor.

⁵ Turiones: Vástago tierno, renuevo de una planta vivaz o perenne, durante el primer año de su desarrollo. Brote bajo, adventicio o de alargamiento, que presenta hojas u otros caracteres propios de las fases juveniles.

⁶ Capítulos: Conjunto de flores, las cuales se encuentran lo suficientemente cercanas para formar una unidad estructurada que consiste de pequeñas flores (flósculos), generalmente numerosas, agrupadas densamente hasta formar una cabeza.

⁷ Nóctuidos: son una familia de robustas mariposas nocturnas, con más de 100.000 especies conocidas. La inmensa mayoría de los nóctuidos vuelan de noche y son invariablemente atraídos por los focos de luz. A muchos les atrae el azúcar y las flores ricas en néctar. Muchas especies tienen larvas oruga que viven en el suelo y resultan ser plagas de la agricultura y la horticultura, pues son los "gusanos cortadores".



Copitarsia decolora, larva joven y adulto

► 2. Base conceptual de la herramienta tecnológica

Para lograr una mayor comprensión del funcionamiento de la herramienta tecnológica planteada en este documento, “el monitoreo y control de la cuncunilla de las hortalizas mediante el uso de sustancias semioquímicas”, a continuación se revisan importantes conceptos que se asocian con el desarrollo de la misma.

2.1 Sustancias semioquímicas: feromonas y kairomonas

Los insectos se relacionan por variados medios. Uno, que juega un rol importante, es la comunicación química: mecanismo que permite a los insectos localizar un alimento, reproducirse o comunicarse. Los principales órganos que participan en esta recepción de señales son las antenas y el aparato bucal.

Buena parte del comportamiento de los insectos es regulado por sustancias químicas que desencadenan respuestas en los individuos que las reciben, que son llamadas semioquímicos y que cubren una amplia gama de compuestos volátiles y no volátiles. Además, influyen en diversos comportamientos como el apareamiento, la demarcación de territorio o de lugares de alimentación, la ubicación de las fuentes de alimentación y de los lugares adecuados para la ovipostura, etc.

Este grupo de semioquímicos está representado por las feromonas y aleloquímicos. Las segundas son sustancias que regulan la ecología química planta-insecto, siendo las más importantes las kairomonas y las alomonas.

Las kairomonas favorecen al insecto, pues lo orientan hacia el cultivo, induciendo la alimentación, oviposición, etc.

Las alomonas, en cambio, favorecen al cultivo, porque repelen al insecto, por lo que disminuyen las posibilidades de que consuma esas plantas, pues lo repelen o la oviposición, lo que interrumpe su desarrollo. Por esto, las alomonas actúan como defensas químicas naturales antiherbívoros, forjadas a través de la coevolución.

En cambio, las feromonas son sintetizadas normalmente por las hembras, con el fin de atraer a los machos de la misma especie para la reproducción. Este tipo de sustancias de uso sexual es la más común y es especialmente notable en el comportamiento de las polillas.

La feromona de *Copitarsia decolora* no ha sido identificada aún y existe muy poca literatura al respecto.



UNIVERSITY OF NORTH DAKOTA

Pupas de *Copitarsia decolora*

Las feromonas son, por naturaleza, muy volátiles y extremadamente inestables. Para utilizarlas de forma eficiente y para prolongar su vida útil, hay que formularlas de manera que su emisión al aire sea controlada y que, a la vez, estén protegidas de la luz ultravioleta y del oxígeno. Por lo tanto, la formulación de la feromona debe estar diseñada para protegerla de la degradación y para emitirla a la tasa deseada. Así se podrá lograr una actividad óptima y efectiva.

Como antecedente cabe señalar que no hay estudios sobre los compuestos químicos volátiles de espárragos en relación con su capacidad de atraer a algunos insectos. Reconocer la presencia de estas sustancias en el espárrago, como kairomonas, que atraen a las hembras y machos de *Copitarsia decolora*, sin duda podría conducir a obtener más elementos de control.

2.2 Aplicación de sustancias semioquímicas para la detección y control de insectos a nivel de campo

El uso de feromonas sexuales y sustancias atrayentes sintetizadas (kairomonas) a nivel de campo se realiza a través de aparatos especiales, los que pueden ser trampas (si se refiere a capturas) o emisores (si se refiere a liberación de sustancias) que junto con diferentes trampas específicas, distribuidas estratégicamente en los cultivos, permiten actuar sobre la detección y control de plagas.

El uso de feromonas en insectos tiene varios fines dentro de que se destacan principalmente tres:

a) Feromonas sexuales para muestreo

Las trampas de feromonas sexuales permiten capturar a los adultos, generalmente los machos, de una determinada especie nociva. De este modo, se puede estimar el momento de inicio del vuelo, la densidad de población durante este período y el consiguiente riesgo de daños. Todo lo anterior permite adoptar una lucha racional guiada como estrategias de control integrado en base a :

- Detección temprana de la presencia de insectos
- Detección de bajos niveles de infección, que de otra forma pasarían inadvertidos
- Detalles de la distribución de los insectos (a través de las estaciones y localidades)
- Fuentes de infección
- Momento óptimo para las técnicas de control
- Evaluación de la eficacia de las medidas de control

La información que brinda un correcto sistema de trapeo de insectos es simple, segura, efectiva y económica, pues afecta aspectos como la reducción en el uso de insecticidas y por ende sus residuos, la reducción del impacto nocivo sobre los insectos benéficos y de los costos y tiempos al realizar las aplicaciones en los momentos indicados.

b) Feromonas para confusión sexual

La confusión sexual es una técnica que impide el encuentro entre machos y hembras de la especie nociva en el momento del apareamiento. Se consigue liberando y saturando el ambiente de la feromona sexual sintetizada de la hembra o de su antagonista, así el macho no es capaz de distinguir dónde ella se ubica. De esta manera se evita el acoplamiento y posterior desarrollo de las poblaciones.

La aplicación de esta técnica no implica la muerte inmediata de la plaga, sino que evita la reproducción. Así se reduce considerablemente la presión de plaga a lo largo de varias temporadas. Por ello, es muy importante que en los primeros años de su utilización, se haga un uso combinado de confusión sexual con los tratamientos fitosanitarios requeridos en cada caso particular.

Comparado con los métodos convencionales, esta metodología presenta ciertas ventajas: especificidad para la plaga y, por lo tanto, nula acción contra la fauna útil; ausencia de residuos en la fruta; facilidad de utilización y no toxicidad para el usuario, ni para el medio ambiente.

c) Feromonas para atraer y matar (captura masiva)

La captura masiva (atraer y matar) se basa en la combinación de una feromona, u otro atrayente y un insecticida para matar la plaga. Los insectos que responden al atrayente llegan a la fuente de insecticida y mueren o quedan incapacitados. Puesto que la mayoría de los atrayentes disponibles son únicamente efectivos contra los machos, el sistema funciona eliminando el mayor porcentaje posible de esta población, dejando muy pocos para aparearse con las hembras. A menudo, la acción de la feromona se complementa con la adición de otros atrayentes, tales como volátiles alimenticios, que también atraen a la hembra. Con esto se consigue una mayor reducción de la oviposición y, por consiguiente, un nivel menor de ataque larvario.

2.3 El daño y la importancia económica de la plaga

La cuncunilla de las hortalizas, *Copitarsia decolora*, es una de las especies de Lepidópteros noctuidos de mayor trascendencia agrícola debido a su alto grado de polifagia. Se presenta en cultivos como ajo, cebolla, clavel, vid, frambuesa, frutilla, maíz, papa, remolacha y espárragos, entre otros. Esta cuncunilla, se encuentra presente en Venezuela, Uruguay, Colombia, Perú, Argentina, Costa Rica, Ecuador, Guatemala y México. En Chile está ampliamente distribuida, pudiendo encontrarse desde la I a la XI Región.

Copitarsia decolora es considerada en Chile, y en casi todos los países en que está presente, como una plaga de importancia económica particularmente en espárragos y alcachofas de exportación.

Puede producir daño en dos niveles: uno directo a través del ataque sobre el cultivo, y uno indirecto, pero complejo, que se refiere al rechazo que puede producir en los lotes para exportación, principalmente a EE.UU., por la presencia de cualquiera de los estadios de desarrollo de esta plaga. Según antecedentes recogidos en la industria, el nivel de rechazos depende de varios factores, como el cultivo, la época del año, la temporada y la zona de la plantación. Con todo, es común considerar pérdidas de entre un 10% y hasta un 30% en el caso de espárragos, aunque ciertos lotes pueden llegar a ser rechazados en su totalidad.



C. decolora en espárrago

FERNANDO DÍAZ-SILVA

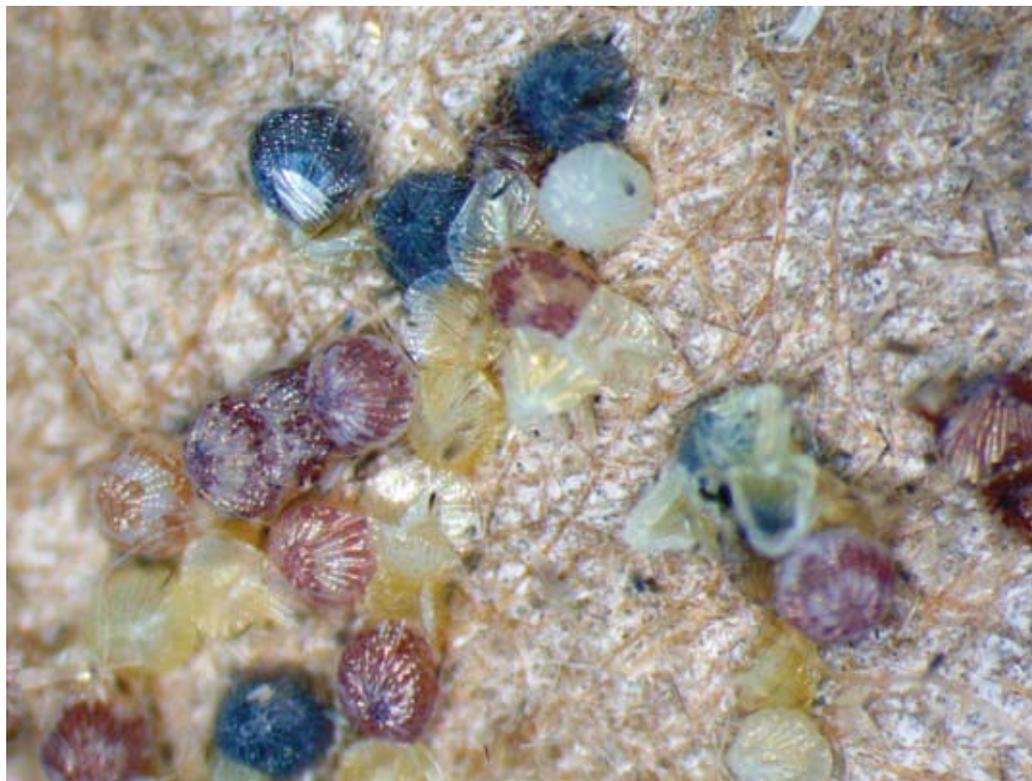
El daño directo es producido por las larvas que consumen hojas y brotes tiernos. En el espárrago perforan los turiones cuando empiezan a sobresalir del suelo, produciendo mordeduras elongadas en el tercio superior. Además las ovipositoras son causa importante de rechazo para exportación.

En las alcachofas es común que las larvas neonatas penetren a través del ápice del capítulo dañando las hojas tiernas y cogollos antes de la aparición de los capítulos, a los que también pueden atacar dejando lesiones en las brácteas, situación que genera su descalificación comercial como producto de exportación.

En el caso de presencia de huevos en espárragos el problema es aún mayor, pues los adultos vuelan desde lugares de refugio diurno y sólo lo hacen al atardecer para oviponer sobre los turiones, lo que dificulta mucho la acción de los insecticidas.

En las regiones V y Metropolitana, donde se concentra la mayor superficie de alcachofa, la presencia frecuente de larvas en los capítulos ocurre entre los meses de octubre y diciembre, período que coincide con las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de esta especie y en el que se realiza la cosecha para el mercado externo.

En la VIII Región, en tanto, la cuncunilla de las hortalizas hace su aparición a mediados de octubre, durante el período productivo de la esparraguera. A pesar de que los turiones permanecen solo dos a tres días sobre el suelo, este lapso es suficiente para que sean infestados porque la naturaleza del turión ofrece abundante y succulento tejido tierno, además de estructuras protectoras.



UNIVERSITY OF NORTH DAKOTA

Huevos de *Copitarsia decolora*

2.4 El control de la plaga

En relación al control de esta plaga, una mala elección del producto y del momento de aplicación puede originar problemas de carencia y residualidad, pues tanto la alcachofa como el espárrago tienen un prolongado período de cosecha con una frecuencia de 1 a 2 cosechas por día, en primavera. Por esto, una aplicación reiterada de insecticida para su control es compleja, ya que se aumenta la posibilidad de sobrepasar el tiempo de carencia, y de superar la cantidad máxima de residuos establecidas por los países importadores y, además, aumentar ostensiblemente los costos de producción.

La cuncunilla presenta problemas de resistencia, por ello los tratamientos químicos tienen un carácter preventivo y escasamente curativo. Por otra parte, a nivel de campo se ha eliminado la fauna benéfica, lo cual deja a esta especie sin ningún tipo de control natural.

Actualmente, *Copitarsia decolora* se controla cuando se detectan u observan los primeros ejemplares de la plaga. Esto se realiza en diferentes dosis, según la presión de la plaga, aplicando insecticidas sistémicos, con acción de contacto o ingestión. El problema de este control, como ya se mencionó, es la cosecha casi continua de los espárragos, por lo que, es difícil cumplir con las carencias requeridas para la utilización de los diversos productos químicos. Si bien la aplicación debiera ser casi diaria, esto encarecería sustancialmente los costos.

Ante la dificultad de dominar la plaga, se ha incentivado la búsqueda de herramientas de control basadas en productos naturales, que no afecten el ambiente ni a las personas, como el uso de *Bacillus thuringiensis* o sustancias semioquímicas (feromonas y kairomonas) las que en el último tiempo han adquirido gran importancia para el control natural de diversas plagas.

► 3. Objetivo del documento

Este documento se propone extraer y sistematizar, a partir de las experiencias y lecciones aprendidas en el proyecto ya ejecutado (“proyecto precursor”), los elementos productivos, comerciales y de gestión que resultarían claves para la toma de decisiones de quienes estuvieran considerando acondicionar la puesta en marcha y validar la aplicación de la herramienta tecnológica denominada “Uso de compuestos semioquímicos para el monitoreo y control de la cuncunilla de las hortalizas”, especialmente para su aplicación en el cultivo de espárragos de exportación como una opción de negocio.

No obstante lo señalado, el trabajo realizado permitió dilucidar que la cuncunilla no es una plaga tan compleja en su ataque al cultivo, sino que su daño principal es la generación de un problema cuarentenario que supone su presencia o la de sus huevos.

Esta plaga tiene más relevancia en el cultivo del espárrago, que en el de la alcachofa, porque permanece en la estructura de los tallos. De acuerdo a ello se determinó valorar el cultivo del espárrago, para tener un enfoque desde los siguientes ángulos:

1. Analizar si el uso de esta tecnología es viable (económicamente) en esa condición económica.
2. Si se considera que es viable y funciona técnica y económicamente, se analiza cuál es su alcance al desarrollarla.

► 4. Perspectivas de mercado

4.1. Situación mundial del espárrago

La mayor parte de las plantaciones de espárragos se encuentran bajo un régimen de clima mediterráneo. Sin embargo, se adapta a una gran diversidad de ambientes, tales como climas desérticos (norte de México, Perú), mediterráneos (Chile central, California), marinos (Nueva Zelanda, Inglaterra), entre otros.

Producción mundial

Actualmente los principales países productores de espárragos a nivel mundial son China, Perú, Estados Unidos, México y Japón. En Europa, destacan como principales países productores España, seguido por Alemania, Grecia, Francia e Italia, aportando entre todos una producción equivalente a la obtenida en China.

CUADRO 1. Volumen de producción de los principales países productores del mundo y Chile. Valores en toneladas

País	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
China	3.257.457	3.907.901	4.207.365	5.006.954	5.506.325	5.805.900	5.904.635	6.104.413	6.253.141	6.352.667
Perú	174.863	168.356	184.061	181.165	189.601	192.533	206.026	259.954	284.103	284.103
EE.UU.	98.700	103.060	126.270	111.990	113.040	93.530	69.580	56.020	50.620	43.180
México	52.296	50.441	64.538	58.135	61.064	59.384	60.000	59.621	60.000	56.459
España	60.257	61.164	64.858	64.989	60.273	54.577	47.963	56.210	36.000	36.000
Japón	19.842	28.700	28.300	28.700	28.100	29.100	28.300	28.200	29.000	29.000
Chile	18.500	17.500	18.800	19.000	19.500	19.600	20.000	21.000	11.000	11.000

Fuente: Elaborado por los autores en base a información de FAOSTAT, 2010.

Perú, por su parte, posee ventajas climáticas para producir todo el año, siendo sus rendimientos promedio de 12 ton/ha, aunque hay productores que logran rendimientos de 18 a 20 ton/ha. Estos valores son muy superiores a los de Chile, donde se logran rendimientos que van entre las 5 y 12 ton/ha.

Exportaciones mundiales

Después de China, Perú es uno de los mayores exportadores de espárragos frescos, habiendo aumentado sus exportaciones desde los años noventa y en este siglo. En 1999 incluso llegó a ser el principal exportador de espárragos. En el 2007 llegó a producir 96.329 ton/ha. Aunque los precios han tenido alzas y bajas que han afectado la rentabilidad del sector, la aparente estabilidad de las compras mundiales plantea que se ha llegado a la madurez del producto.

Importaciones mundiales

A nivel global, son cinco los países que concentran las importaciones de espárragos: Estados Unidos, Alemania, Japón, Francia y Suecia. Otros países con menor demanda son España, Dinamarca y Bélgica.

CUADRO 2. Principales países importadores de espárragos, año 2007. Valores en toneladas

Posición	Región	Cantidad (ton)
1	Estados Unidos	124.045
2	Alemania	23.606
3	Francia	18.241
4	Canadá	17.846
5	Japón	12.542
6	China	10.435
7	Suiza	9.137
8	España	8.746
9	Países Bajos	8.729
10	Reino Unido	8.660

Fuente: Elaborado por los autores en base a información de FAOSTAT, 2010.

4.2. Situación nacional del espárrago

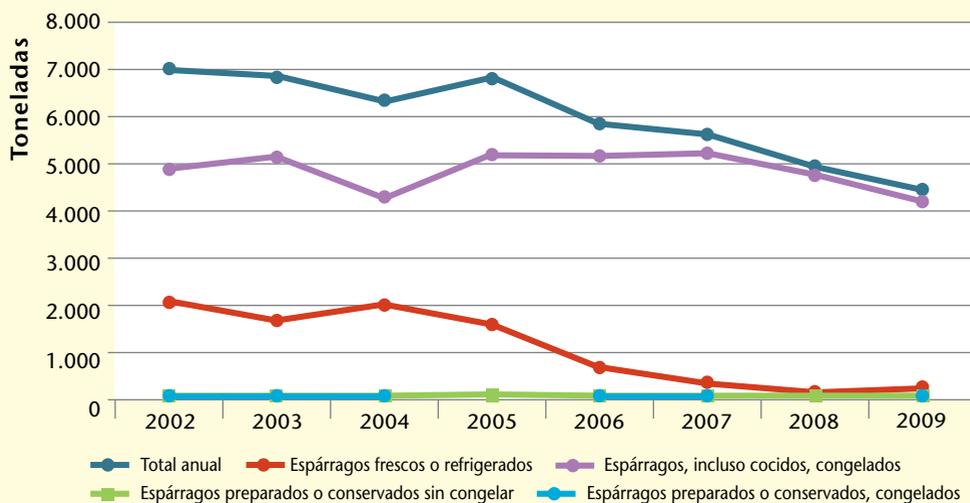
En Chile, la superficie plantada con espárragos ha disminuido desde el año 1990, cuando alcanzaba las 7.000 hectáreas. Al año 2007, de acuerdo a cifras del último Censo Agropecuario, la superficie total en el país llegó sólo a 2.615 ha, la que se distribuye desde las regiones de Valparaíso a la de los Ríos. La mayor participación en número de hectáreas es de las regiones de Biobío y del Maule con un 48% y 35% del total, respectivamente. (Ver Cuadro en Anexo)

Según fuentes informadas de la industria nacional, la superficie nacional total de espárragos se estimaba al año 2010 en 1.800 ha, sin proyecciones de volver a aumentar en los años siguientes.

En Chile, la producción se concentra en espárragos verdes cultivados fundamentalmente al aire libre. No existen registros oficiales de plantaciones de espárragos blancos. Esta producción tiene como fin el mercado interno y la exportación.

En el mercado interno se consumen principalmente espárragos en fresco, mientras que para exportación puede ser enviado en conserva, fresco, congelado, etc. Los espárragos congelados tienen una participación del 95% del volumen total de las exportaciones, persistiendo una tendencia general a la baja en los últimos años, como se muestra en el Gráfico 1.

GRÁFICO 1. Evolución de los volúmenes exportados de espárrago, año 2002 al 2009. Valores en toneladas

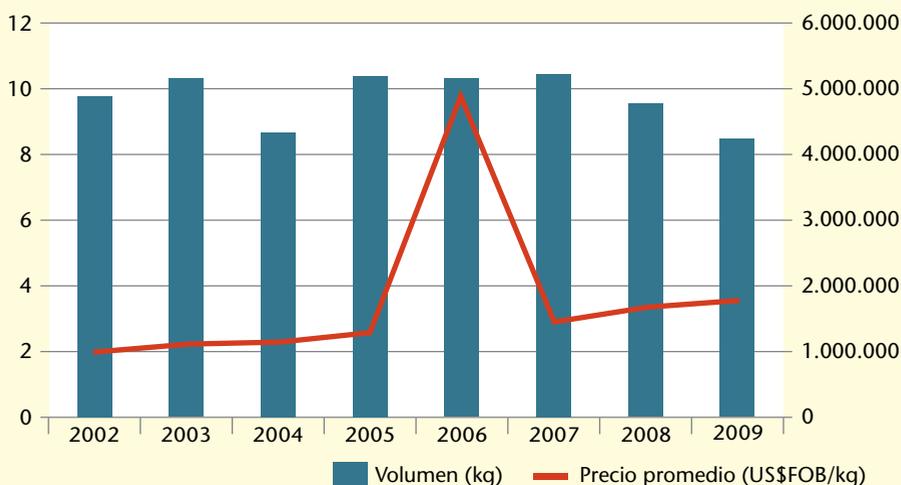


Fuente: Servicio Nacional de Aduanas, 2010.

En general, los volúmenes de exportaciones de espárrago han mostrado una disminución, a excepción de los espárragos congelados que se han mantenido más o menos estables en los 3 últimos años.

Los mayores precios se obtuvieron el 2006 alcanzando los 9,82 US\$ Fob/Kg, sin embargo el año 2009 se exportaron 4.218 toneladas y el precio promedio fue de solo 3,54 US\$ Fob/Kg, lo cual se muestra en el gráfico siguiente.

GRÁFICO 2. Evolución de volúmenes y precios exportados de espárragos congelados del 2002 al 2009. Volumen expresado en kg y precio en US\$ FOB/kg



Fuente: Portal commex, 2010.

En el año 2009 los principales países receptores del espárrago chileno congelado fueron Italia, Francia, Japón y EE. UU, en orden de volúmenes exportados.

► 5. Alcances y desafíos de la opción de negocio

La cuncunilla de las hortalizas, como se explicó anteriormente, puede producir pérdidas en las exportaciones entre un 10% y un 20%, especialmente por ser plaga cuarentenaria. Es por esto que lograr controlar este insecto mediante el uso de semioquímicos disminuiría su presencia en la producción, y por ende en los rechazos del volumen exportado.

Para poder dimensionar el positivo impacto de un adecuado control de esta plaga, se ha considerado pertinente contextualizar en este documento el negocio actual de los espárragos en las condiciones nacionales y valorizar cuánto es el beneficio que generaría la aplicación de esta herramienta tecnológica en la rentabilidad del cultivo.

Si bien en Chile la mayoría de las exportaciones de espárrago son en congelado, la plaga cuarentenaria sólo es relevante cuando está presente en productos frescos, por lo que el análisis que se presenta a continuación está planteado en una producción con ese fin, para poder ver el real impacto de la aplicación de esta herramienta tecnológica.

Evaluación de la rentabilidad del cultivo de espárrago: para evaluar la rentabilidad del negocio de espárragos, se tomó como supuesto una superficie de 1 hectárea, ubicada en la VIII Región, donde se obtienen rendimientos entre 5.000 y 12.500 kg.

Para este caso particular se utilizará un rendimiento promedio en régimen de 8.000 kg/ha al quinto año, con una población de 26.600 plantas por hectárea, establecidas a partir de coronas de espárragos, con un costo de \$60/corona. Por su parte, los espárragos en fresco se venden en cajas de 5 kilos, donde el valor pagado es de 9 US\$FOB/kilo, pero en general el retorno a productor es de sólo 0,8 US\$/Kg.

A continuación se muestra el flujo de caja de una producción de espárragos en base a los datos mencionados:

CUADRO 3. Flujo de Caja de producción de espárragos frescos en la VIII Región. Valores en pesos/ha

Ítem	VALORES \$/ha					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5 - 10
Ingresos		459.113	1.071.263	1.530.375	1.989.488	2.448.600
Producción (kg)		1.500	3.500	5.000	6.500	8.000
Costos	2.870.798	780.507	900.507	990.507	1.080.507	1.170.507
Implantación	2.870.798					
Labores e insumos		690.507	690.507	690.507	690.507	690.507
Cosecha	-	90.000	210.000	300.000	390.000	480.000
MARGEN BRUTO	- 2.870.798	- 321.395	170.756	539.868	908.981	1.278.093
Inversiones						
CAPITAL DE TRABAJO	- 321.395					
FLUJO NETO CAJA	- 3.192.193	- 321.395	170.756	539.868	908.981	1.278.093
VAN (12%)	958.410					
TIR	16,59%					

Nota: Precio espárragos frescos: 0,8 US\$/kg. Precio dólar: \$530. Costo cosecha: \$60/Kg cosechado

Fuente: Elaborado por los autores en base a información de la industria

En el cuadro 3 se observa que el costo total de implantación de un huerto de espárragos es de \$2.870.798/ha, donde el 50% corresponde a las coronas y el porcentaje restante a la preparación de suelo, fertilización, control de malezas y siembra.⁸

En espárragos para fresco, los costos totales de producción son de \$1.170.507/ha como se observa en el cuadro 4, los que con una producción de 8.000 kg/ha dan un margen neto a productor de \$1.278.093 con un 10% de rechazo, que corresponde a la situación más común de los productores de espárragos a causa de *Copitarsia decolora*.



JAMES D. YOUNG, USDA

Larva de *C. decolora*

Respecto a los indicadores de rentabilidad en este escenario, el VAN da un valor de \$958.410 y una TIR de 16,59% con una tasa de descuento de un 12%. Estos valores indican que el cultivo es rentable en un período de 10 años, ya que el VAN da positivo y la TIR mayor al 12%.

Considerando la situación actual de los productores de espárragos y al porcentaje de rechazos de las exportaciones, se realizó un ejercicio para analizar hasta qué nivel de aumento en los rechazos es tolerable el modelo productivo. De esta manera, se puede hacer la consideración inversa, para establecer la conveniencia para el productor de la aplicación de esta herramienta tecnológica para el control de la plaga.

A continuación se muestra el ejercicio desarrollado en distintos escenarios, con un rechazo de un 0%, 10%, 20% y 30%:

CUADRO 4. Indicadores de rentabilidad según el nivel de rechazo en las exportaciones por plagas cuarentenarias

Rechazo	0%	10%	20%	30%
TIR (%)	18,42	16,59	14,69	12,71
VAN (\$)	1.336.510	958.410	550.310	142.210
Margen Neto (\$)	1.373.493	1.278.093	1.182.693	1.087.293

Fuente: Elaborado por los autores en base a información de la industria

En el cuadro 4 se observa que el proyecto se altera en dos puntos porcentuales en la TIR frente a las variaciones en el rechazo. La producción sigue siendo rentable, a pesar de un aumento en los rechazos, ya que la TIR sigue siendo mayor al 12%. Al disminuir los rechazos el margen neto no varía mucho, por lo tanto, habría que evaluar el costo de implementación de la herramienta de control con semioquímicos para así poder analizar si vale la pena aplicarla. En tanto, el aumento del margen neto es de alrededor de \$100.000 por cada diez puntos porcentuales del rechazo. De todas maneras, el lograr la reducción del porcentaje de pérdida genera un aumento en la TIR y en el margen neto que es favorable para los productores.

⁸ Cuadros con más detalles en Anexos.

A continuación, se observa la tabla con los resultados del análisis de sensibilidad realizado al cultivo de espárragos:

CUADRO 5. Análisis de sensibilidad de la producción, precios y mano de obra de un cultivo de espárragos sobre un escenario base

Horizonte 10 años, tasa descuento 12%, superficie 1 hectárea

Escenario	TIR (%)	VAN (\$)	Margen Neto (\$)
1. Escenario base producción espárragos en fresco, rechazo 10% rendimiento 75%			
Precio retorno productor 0,8 US\$/Kg	16,6%	958.410	1.278.093
Producción espárragos 8.000 kg/ha			
Valor mano de obra 10.000\$/JH			
2. Disminución en la producción 10%			
Precio retorno productor 0,8 US\$/Kg	12,6%	116.286	1.081.233
Producción espárragos 7.200 kg/ha			
Valor mano de obra 10.000\$/JH			
3. Aumento en la producción 10%			
Precio retorno productor 0,8 US\$/Kg	20,3%	1.800.533	1.474.953
Producción espárragos 8.800 kg/ha			
Valor mano de obra 10.000\$/JH			
4. Disminución del precio a 0,7 US\$/Kg			
Precio retorno productor 0,7 US\$/Kg	10,6%	-265.890	991.893
Producción espárragos 8.000 kg/ha			
Valor mano de obra 10.000\$/JH			
5. Aumento en del precio a 0,9 US\$/Kg			
Precio retorno productor 0,9 US\$/Kg	21,9%	2.182.710	1.564.293
Producción espárragos 8.000 kg/ha			
Valor mano de obra 10.000\$/JH			
6. Disminución del valor de la mano de obra en un 15%			
Precio retorno productor 0,8 US\$/Kg	17,5%	1.137.138	1.294.593
Producción espárragos 8.000 kg/ha			
Valor mano de obra 8.500\$/JH			
7. Aumento del valor de la mano de obra en un 15%			
Precio retorno productor 0,8 US\$/Kg	15,7%	779.681	1.261.593
Producción espárragos 8.000 kg/ha			
Valor mano de obra 11.500\$/JH			

Fuente: Elaborado por los autores en base a información de la industria

Al realizar un análisis de sensibilidad respecto a los ítems mencionados anteriormente, se observa que el proyecto es muy sensible a variaciones en el precio. Al caer el precio a productor de 0,8 US\$/Kg a 0,7 US\$/kg el proyecto deja de ser rentable, como lo muestran los indicadores de rentabilidad, ya que la TIR llega a 10,6%, menor que la tasa de descuento (12%) y el VAN es negativo, \$-265.890.

► 6. Alcances de la herramienta

Si bien se puede considerar que se lograron parcialmente los objetivos específicos propuestos, porque no se llegó a una herramienta de control validada, sí es posible recoger algunas lecciones de esta experiencia. Ellas permiten dar luces sobre los aspectos que deben ser considerados en nuevas iniciativas que busquen poner a punto la herramienta o a partir de ellas, proponer nuevas estrategias de control para la cuncunilla.

En este contexto es necesario tener presente que no todos los resultados obtenidos en el proyecto, parecen ser suficientemente empíricos. De este modo, lo que el proyecto permite validar es:

- Un protocolo de crianza de *C. decolora* sobre dieta artificial en condiciones de laboratorio.
- Se sintetizaron los componentes de la feromona de *Copitarsia decolora* (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. decolora* por lo que se recomienda para ser utilizada como una herramienta en el monitoreo y control de esta plaga.
- Se lograron obtener extractos de turiones de espárragos (kairomonas) con dimetilformamida (DMF), etanol y heptano. El extracto con DMF resultó ser atrayente para hembras de *C. decolora*, por lo que se podría realizar un control de las hembras utilizando el extracto con DMF como atrayente junto con un insecticida.
- Los resultados del proyecto precursor confirmaron la capacidad de *C. decolora* para reconocer a sus hospederos mediante señales químicas.

► 7. Claves de viabilidad de la innovación

Para que el uso de esta tecnología sea efectiva se debe considerar lo siguiente:

- **Distancia de colocación de las trampas y número por hectárea:** definir en campo la ubicación y número de trampas según el objetivo, ya sea monitoreo del inicio del vuelo de la plaga o captura masiva.
- **Dosis a aplicar:** La aplicación debiera llevarse a cabo en la forma, dosis y época recomendada. Seguir la recomendación técnica para la dosis que se debe aplicar de feromona o kairomona en las septas⁹ para lograr una alta efectividad en el control de la plaga.
- **Efectividad:** Se debe realizar una evaluación del nivel de infestación, previo y posterior a la aplicación, de manera de evaluar su eficacia y la necesidad de realizar otra aplicación. Se debiera lograr mayor efectividad al colocar conjuntamente feromonas y kairomonas en las trampas, para así atraer tanto a machos como a hembras y lograr disminuir en el tiempo la presión de la plaga y el número de generaciones existentes.
- **Forma de control:** realizar el control de forma integrada entre los productores, utilizando el manejo integrado de esta plaga, permitirá disminuir fuertemente su presencia.

⁹ Septas: cada una de las divisiones que separan los *lóculos* de un fruto, antera o esporangio.

► 8. Asuntos por resolver

Dentro de los asuntos por resolver que podrían hacer viable esta herramienta como control de *Copitarsia decolora* en espárragos están:

- **Realización de pruebas de campo:** permitirán evaluar el efecto de la utilización de feromonas y kairomonas para el control de *Copitarsia decolora* asegurando la efectividad de la tecnología propuesta. Se requieren mayores experiencias para la evaluación de distintas dosis y épocas de aplicación del producto.
- **Disponibilidad comercial de la feromona:** fabricación de la feromona z-tetradecenil acetato: z-9-tetradecenil acetato: z-9-tetradecenol, para comercializarla y venderla, en la proporción que fue probada en el proyecto precursor como la más atrayente (10:1), ya que actualmente no hay ningún mercado que la comercialice, sólo existe su síntesis en laboratorios para investigación. El producto debiera estar disponible en una o más formulaciones y con estudios que respalden la eficiencia y eficacia del control de la cuncunilla.
- **Duración y calidad del dispensador:** se requiere mayor información referida a la durabilidad de la feromona en el dispensador, lo que permitirá conocer cada cuántos días hay que cambiarla y aplicar nuevamente la dosis requerida.

SECCIÓN 2

El proyecto precursor

► 1. El entorno económico y social

La cuncunilla de las hortalizas *C. decolora* constituye una plaga significativa para la agricultura chilena que se encuentra ampliamente distribuida en nuestro país. Es descrita como una especie cosmopolita y polífaga, que presenta un amplio rango de plantas hospederas silvestres, cultivadas y ornamentales.

Adicionalmente al daño directo causado por la alimentación de las larvas sobre especies cultivables, este insecto posee importancia cuarentenaria para algunos mercados de exportación. Su presencia es causal de rechazo por parte de algunos países como Estados Unidos. En espárragos esta plaga provoca pérdidas directas al alimentarse de turiones.

En relación con las medidas de control, la literatura indica que es posible el control químico; sin embargo, los insecticidas que se pueden aplicar dependen del mercado de destino. Además, los métodos físicos no han sido satisfactorios, considerando que 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 está necesariamente asociada al cultivo, pues se encuentra en una amplia variedad de hospederos. Por otro lado, el uso inapropiado y excesivo de pesticidas ha contribuido a la eliminación de fauna benéfica, a problemas de carencia, a residualidad, además de contaminación ambiental.

Ante la búsqueda de alternativas de control basadas en productos naturales, en el último tiempo ha adquirido gran importancia el uso de sustancias semioquímicas dentro de las cuales destacan las feromonas y kairomonas. 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. decolora* y la entrada al cultivo de hembras fecundadas. Así se logra la producción de hortalizas limpias, con la ventaja de no afectar a los enemigos naturales de la polilla, no producir toxicidad ni contaminación pues se trata de compuestos naturales, biodegradables.

Estos antecedentes determinaron que debían diseñarse nuevos métodos de control de la polilla de las hortalizas para disminuir las desventajas de los tratamientos químicos.

► 2. El proyecto

Las actividades contempladas en el proyecto se realizaron en el Centro Experimental Santa Rosa (Camino a Cato, km. 22), perteneciente al INIA Quilamapu de Chillán, VIII Región. Aquí se efectuó la toma de muestras en el jardín varietal de espárragos y las pruebas de campo de atracción de las polillas machos y hembras.

También se realizaron actividades en el laboratorio de química de la Universidad de Concepción, VIII Región, donde se llevó a cabo la extracción y pruebas preliminares de los compuestos extraídos. En el campo experimental de Colina, en San Joaquín, perteneciente al INIA Intihuasi de La Serena, IV Región, se hicieron las pruebas de control de las polillas sobre plantaciones de alcachofas.

El proyecto tuvo como objetivo general “Identificar la feromona de atracción sexual de *Copitarisia decolora* y los compuestos volátiles presentes en espárragos (kairomonas) responsables de su atractivo para estos insectos y utilizar estos resultados en el desarrollo de sistemas de monitoreo y control de la plaga”.

Los objetivos específicos del mismo fueron:

1. Identificar y sintetizar feromonas de *C. decolora* 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.

Aspectos metodológicos y resultados

Los aspectos metodológicos y los resultados del proyecto precursor se agruparán de acuerdo a los objetivos específicos planteados para lograr una mayor comprensión.

Objetivo 1. Identificar y sintetizar feromonas de *C. decolora* y compuestos semioquímicos en plantas de espárragos.

METODOLOGÍA

- **Obtención de *Copitarsia decolora*, crianza, multiplicación y masificación**

El material se obtuvo desde trampas fototrópicas instaladas en Curicó, donde se colectó una hembra copulada, que ovipuso cerca de 100 huevos. Estos fueron incubados en el laboratorio de química de la Universidad de Concepción, se criaron las larvas y luego mediante crianza y multiplicación de distintos estados de desarrollo se inició una colonia de *C. decolora*, para su posterior utilización en estado adulto. Una vez emergidos los adultos, éstos fueron trasladados a contenedores de vidrio, en una proporción de 2 machos por cada hembra, con el fin de asegurar la cópula y fertilización de las hembras.



Resultados de la crianza de *C. decolora*

El desarrollo del protocolo de crianza y masificación fue exitoso, pero la mortalidad de esta especie, en condiciones de laboratorio, alcanzó entre 70% y 75%. Sin embargo, esta actividad permitió un abastecimiento constante de individuos para la realización del proyecto.

- **Extractos glandulares de hembras vírgenes de *C. decolora***

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. Los productos se analizaron mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).

Resultados de los extractos glandulares: El análisis GC-MS (espectrometría de masas) de los extractos glandulares permitió detectar dos compuestos desde los extractos de hembras vírgenes los que se identificaron como ácido hexa y octadecanoico.

- **Extractos de espárragos**

Los espárragos (*Asparagus officinalis* L.) fueron recolectados 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.

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 (Thermofinnigan, Modelo DSQ).

FIGURA 1. **Cámara para determinación de extractos volátiles**

Fuente: Proyecto precursor.

La identificación de los compuestos individuales en los extractos se realizó mediante co-inyección de estándares comerciales, cálculo de índice de Kovats¹⁰ y comparación con librería de espectros de masas.

Resultados de los extractos de espárragos:

En relación con los compuestos semioquímicos de espárragos, los resultados indican que las técnicas de extracción empleadas con solvente y SPME (micro-extracción en fase sólida) no produjeron resultados importantes y fue necesario complementarlos con otras técnicas como Headspace¹¹ con plantas vivas en laboratorio y campo.

Objetivo 2. Seleccionar e identificar los principios químicos que atraen a la polilla mediante el uso de antenógrafos.

METODOLOGÍA

- **Pruebas de atracción de los extractos glandulares hacia *C. decolora*:**

Se estudió la actividad biológica de los extractos glandulares de *C. decolora*, ácido hexa y octadecanoico hacia individuos machos de *C. decolora*. Esta actividad fue evaluada mediante GC-EAG.¹² Se cortó una antena de *C. decolora* macho y se colocó en el detector electroantenográfico, en cuyos extremos se cubrió con un gel conductor y se dispuso de la antena cortada previamente, los cromatogramas y sus áreas.

Resultados de las pruebas de atracción de los extractos glandulares hacia *C. decolora*: El cromatograma analizado, no presentó diferencias significativas, por lo tanto los resultados de esta actividad no fueron concluyentes. No hay metodología ni resultados para la síntesis ni determinación de concentración de la feromona sexual.

¹⁰ Índice de Kovats o índice de retención es un método de cuantificación de los tiempos de elución relativa de los diferentes compuestos en cromatografía de gases, de forma que ayuda a identificar positivamente los componentes de una mezcla.

¹¹ Headspace: técnica basada en el principio del equilibrio que alcanza un solvente volátil entre las fases líquida y gaseosa en un sistema cerrado.

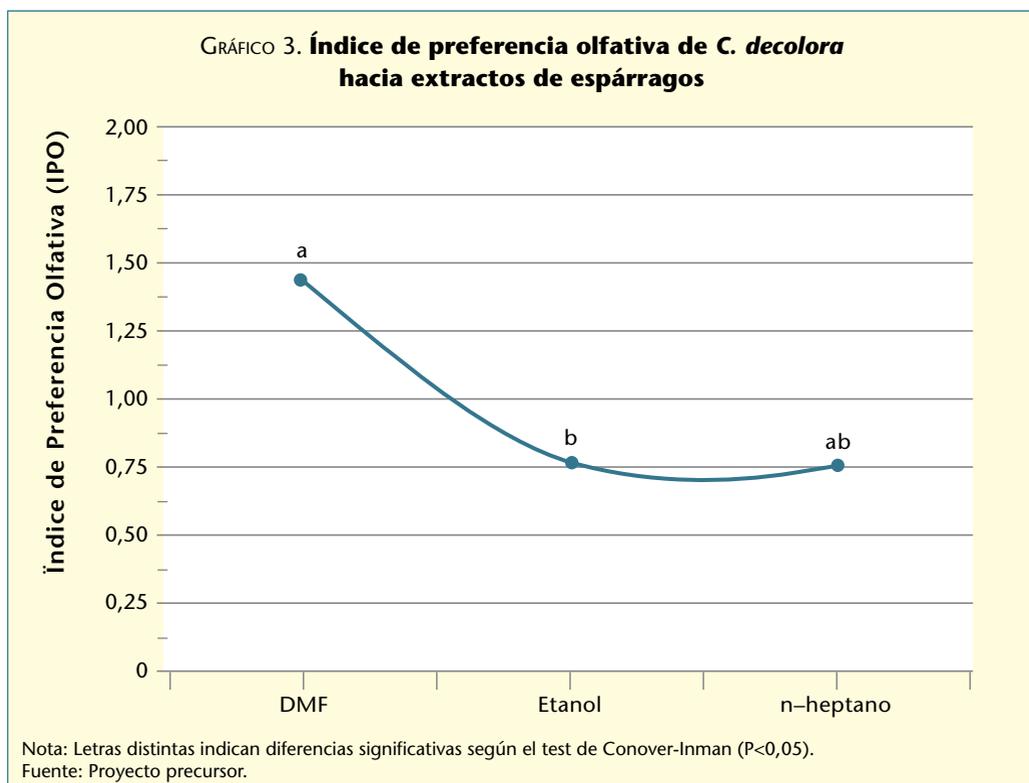
¹² GC-EAG: Cromatografía de gases acoplada a detector electroantenográfico, EAG.

- **Pruebas de atracción de los extractos de espárragos hacia *C. decolora*:**

Se investigó el rol de los extractos de algunos compuestos estándares comerciales indicados en la literatura como pertenecientes a espárrago, hexanal y hexenal, en la conducta de machos de *C. decolora* mediante electroantenografía y se seleccionaron dos compuestos para realizar una curva de dosis respuesta, dentro de la cual se evaluaron cinco cantidades de cada compuesto (1000; 100; 10; 1; 0,1 µg) y los extractos DMF, etanol y n-heptano, los cuales fueron obtenidos según el protocolo de extracción. Se evaluó la actividad biológica de estos extractos mediante bioensayos de preferencia con *C. decolora*, bioensayos olfativos con machos y hembras y determinación de las curvas de dosis-respuesta.

Resultados de las pruebas de atracción de los extractos de espárragos hacia *C. decolora*:

En relación con los extractos de espárrago, las hembras de *C. decolora* 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. Con la información anterior se generó el índice de preferencia olfativa, el cual confirma la preferencia de *C. decolora*, basada en señales volátiles por compuestos presentes en plantas de espárrago (Gráfico 3).



Estos resultados confirman la capacidad de *C. decolora* para reconocer mediante señales químicas sus hospederos, no obstante, la identificación de cada uno de los componentes de los extractos junto a su actividad biológica es esencial.

A continuación se presenta la metodología y resultados para los objetivos 3, 4 y 6, de acuerdo al orden cronológico de su realización:

Objetivo 3. Desarrollar unidades de liberación de los productos comerciales atrayentes seleccionados.

Objetivo 4. Aplicar en el campo y evaluar su efectividad.

Objetivo 6. Realizar estudios de campo de efectividad de las sustancias identificadas mediante capturas en trampas.

METODOLOGÍA

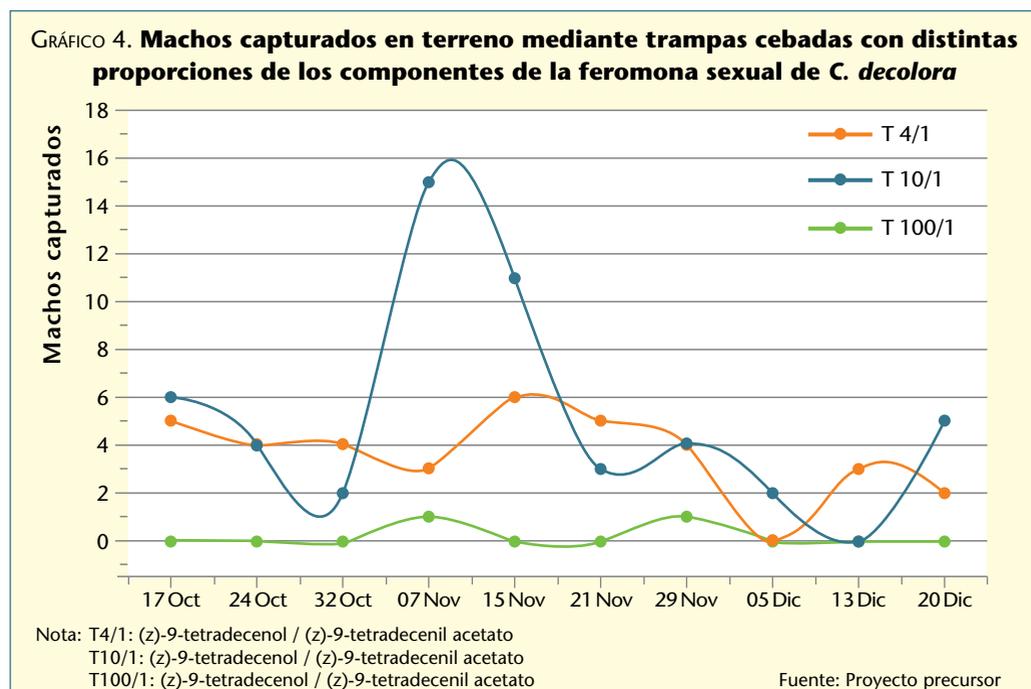
La feromona sexual de *C. decolora* corresponde a una mezcla de (z)-9-tetradecenil acetato y (z)-9-tetradecenol. Sin embargo, dado que esta investigación fue desarrollada en México y al amplio rango de distribución de *C. decolora* fue necesario evaluar esta mezcla de compuestos para determinar si la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

Vía síntesis química se obtuvieron los componentes que, según la bibliografía consultada, corresponden a la feromona sexual de *C. decolora*. Esto permitiría evaluar en campo el efecto de distintas proporciones.

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.

Resultados:

La mezcla 10:1 resultó ser la mejor para atraer a machos de *C. decolora* (Gráfico 4), por lo que puede ser utilizada como una herramienta en el monitoreo y control de esta plaga.



Objetivo 5. Difundir los resultados y preparar la formulación comercial.

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 Tomás, 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 para un alumno de Agronomía, Universidad de Concepción.

Respecto a la preparación de la formulación comercial, 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.

SECCIÓN 3

El valor del proyecto

Los resultados obtenidos a partir del proyecto precursor no permitieron obtener un producto lo suficientemente probado y que esté en condiciones de ser transferido a los productores como una herramienta evaluada y validada para un control eficiente de la cuncunilla de las hortalizas. Sin embargo, el impacto más importante logrado en el proyecto precursor fue el poder contar con la mezcla sintetizada de feromona atrayente de z-9-tetradecenil acetato: z-9-tetradecenol en proporción 10:1 (alcohol: acetato), que permite contar con una potencial herramienta para el monitoreo y control de esta plaga, si se añade insecticida. Esta herramienta podría tener gran impacto económico al lograr disminuir los rechazos en la exportación de espárragos por presencia de huevos de *Copitarsia decolora*.

La solución al problema de la cuncunilla de las hortalizas, como problema cuarentenario puede significar un incremento en las exportaciones, lo que trae un mayor margen económico para los productores, hace que sea un cultivo más rentable y podría también llevar a un aumento en la superficie plantada con espárragos y alcachofas, ya que éstas actualmente se encuentran en constante disminución.

Con todos estos resultados se puede concluir que los avances realizados sirvieron para extraer e identificar las feromonas de *Copitarsia* y las kairomonas de los espárragos, y sus efectos sobre los insectos. Además, se obtuvieron las proporciones más adecuadas y efectivas para la captura de *Copitarsia* y, por lo tanto, teniendo estas bases se podría diseñar un mecanismo eficiente de control de esta plaga.



Anexos

Anexo 1. Información productiva y económica

Anexo 2. Identificación y obtención de sustancias semioquímicas

Anexo 3. Literatura consultada

Anexo 4. Documentación disponible y contactos

ANEXO 1. Información productiva y económica

CUADRO 1. Superficie de espárragos en Chile al año 2007. Valores en hectáreas.

Espárragos	
Región	Superficie plantada
I de Tarapacá	1,65
II de Antofagasta	0
III de Atacama	30,10
IV de Coquimbo	0
V de Valparaíso	15,20
VI de O'Higgins	70,50
VII del Maule	916,00
VIII del Biobío	1.248,50
IX de La Araucanía	82,50
X de Los Lagos	0
XI Aysén	0
XII de Magallanes y Antártica	0
Región Metropolitana de Santiago	119,60
XIV de Los Ríos	129,90
XV de Arica y Parinacota	0,86

Fuente: Elaborado por los autores en base a información Censo Agropecuario año 2007.

CUADRO 2. Costos de implementación de huerto de espárragos de 1 ha en la VII Región				
Labores	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Preparación de suelo				
Aradura				
Mano de obra	JH		10.000	0
Tractor/arado cincel	JM	1	18.000	18.000
Arado subsolador	JM	1	18.000	18.000
Rastrajes				
Mano de obra	JH		10.000	0
Rastra discos	JM	2	18.000	36.000
Trazado zanjas				
Mano de obra	JH	2	10.000	20.000
Arado melgador	JM	1	18.000	18.000
Cultivador	JM	2	18.000	36.000
Fertilización				
Mano de obra	JH	4	10.000	40.000
Urea granulada	KG	200	270	54.000
Mezcla	KG	1000	310	310.000
Cal agrícola	Kg	3000	50	150.000
Siembra				
Desinfección coronas	JH		6.136	0
Captan	Kg	0,3	5.200	1.560
Benomilo	Kg	0,2	6.831	1.366
Preparación y desinfección coronas				
	JH	2	10.000	20.000
Plantación				
	JH	30	10.000	300.000
Riego				
	JH	8	10.000	80.000
Coronas espárragos				
	U	26600	60	1.596.000
Control malezas				
Mano de obra	JH		10.000	0
Glifosato	Lt	4	2.215	8.860
Linuron	Kg	3	10.300	30.900
Tractor/barra herbicida	JM	2	18.000	36.000
Aplicación insecticidas				
Lorsban 15 G	Kg	17	4.060	69.020
Karate Zeon	Lt	0,4	22.730	9.092
Tractor/Barra fumigadora	JM	1	18.000	18.000
Total				2.870.798

Fuente: Elaborado por los autores en base a información de la industria

CUADRO 3. Costos de producción para cultivo de espárragos en régimen en VIII Región

Labores culturales	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Riego				
Mano de obra	JH	8	10.000	80.000
Control malezas				
Aplicación equipo de barra	JM	5	18.000	90.000
Chopper o Rana	JM	1	18.000	18.000
Rastra disco	JM	2	18.000	36.000
Fertilización				
Mano de obra	JH	3	10.000	30.000
Maquinaria	JM	3	18.000	54.000
Subtotal				308.000
Insumos				
Glifosato	L	7	2.215	15.505
Sencor 48	L	2	15.140	30.280
2,4 D	L	1	2.830	2.830
Karate Zeon	L	0,4	22.730	9.092
Mezcla(5-33-12)	Kg	400	310	124.000
Urea Granulada	Kg	350	270	94.500
Muriato de potasio	Kg	100	313	31.300
Cal agrícola	Kg	1500	50	75.000
Subtotal				382.507
Total				690.507

Fuente: Elaborado por los autores en base a información de la industria

ANEXO 2. **Identificación y obtención de sustancias semioquímicas**

La cantidad de feromona que los insectos liberan es, en general, extremadamente pequeña, tanto así que en los trabajos de aislamiento e identificación de estas hormonas de atracción sexual se utilizan muchas hembras para disponer de la cantidad necesaria para el análisis estructural.

El uso de cromatógrafos de gases y detección electroantenográfica ha resuelto parte de este problema. El cromatógrafo separa los componentes de la muestra y en la medida que éstos salen de la columna de separación pasan a un detector electroantenográfico que señala específicamente qué compuestos son biológicamente activos para el insecto en estudio. Esto se logra colocando una antena, en el caso de las polillas, en un microelectrodo a la salida del cromatógrafo. Puesto que la antena es el órgano del olfato, cada vez que percibe una sustancia semioquímica habrá una respuesta que será detectada y registrada. Con este método no se conoce la estructura del compuesto, sin embargo, se dispone de un sistema muy sensible que informa de la presencia o ausencia de sustancias biológicamente activas para el insecto.

El tiempo que el compuesto demora en salir del instrumento determina el índice de retención. Por comparación en tablas se pueden buscar compuestos con índices de retención parecidos a los encontrados en la muestra, entonces se compara con estándares de estructura conocida y se observa si hay respuesta electroantenográfica. En el caso del estudio de sustancias que atraen a las hembras, se puede usar antenas en los ensayos. Una vez reconocida una especie como activa, se deben realizar ensayos, para determinar si se trata de una respuesta de atracción o repulsión.

Los extractos que contienen sustancias semioquímicas tienen diversas técnicas para la obtención de las muestras. En lepidópteros resulta bastante bien la extracción de las glándulas con un solvente de baja polaridad, puesto que las feromonas también son moléculas de baja polaridad. El resultado es un extracto bastante limpio que se puede utilizar directamente para análisis, evitándose la manipulación que puede alterar la muestra por oxidación o hidrólisis.

Para la obtención de extractos vegetales se han utilizado diversas técnicas, siendo la extracción la más común, con solventes o por arrastre con vapor de agua. Otra técnica es la Microextracción en Fase Sólida (SPME) que permite tomar muestras de volátiles producidos directamente de la planta, con la ventaja asociada de muestrear lo que la planta verdaderamente está emitiendo en un determinado momento.

ANEXO 3. **Literatura consultada**

- ANGULO, A. 2004. La historia de *Copitarsia decolora* (Herrich-Schaeffer) (Lepidoptera: Noctuidae). p.5. En: Resúmenes XXVI Congreso Nacional de Entomología, 1-3 de diciembre, Concepción, Chile.
- APABLAZA, J. Y L. SAZO. 1987. Plagas del espárrago verde y su control. ACONEX N° 17, Abril-Mayo-Junio.
- ARTIGAS, J. 1994. Entomología económica: Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- CIREN-CORFO. Centro de Información de recursos naturales. 1987. Manual del cultivo del espárrago (*Asparragus officinalis*). Publicación CIREN N° 67.
- GERDING, M. y L. DEVOTTO. 1999. Plagas. In: González M.I. y A. Del Pozo (eds.) El cultivo del espárrago. Bol. N°6. INIA Quilamapu, Chillán, Chile. pp. 165-180.
- GONZÁLEZ, M.I. 1997. Publicaciones INIA Quilamapu, Informativo Agropecuario, Bioleche- INIA Quilamapu, Evaluación de variedades de espárragos en Ñuble.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). 1999. El cultivo del espárrago. Boletín INIA N°6. ISSN 0717-4829. 212 p.
- LAMBOROT, L., P. ARRETZ, A. GUERRERO y J. ARAYA. 1995. Parasitismo de huevos de *Copitarsia decolora* (Herrich y Shaffer) (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos hortícolas en la Región Metropolitana. Acta Ent. Chilena, pp. 129-133.
- MORENO, O. F, SERNA. 2006. Biología de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae) en flores cultivadas del híbrido comercial de *Alstroemeria* spp. Rev.Fac.Nal.Agr. Medellín. Vol. 59 (1) 3257-3270.

Páginas WEB consultadas:

- www.odepa.gob.cl
- www.prochile.cl
- www.inia.cl
- www.fao.org
- www.ine.cl
- www.expobio.ucv.cl
- www.sag.gob.cl

ANEXO 4. **Documentación disponible y contactos**

El presente libro y su ficha correspondiente se encuentran disponibles como PDF, a texto completo, en el sitio Web de FIA (www.fia.gob.cl), accediendo a “Información para la innovación” y luego a “Experiencias de Innovación” o a “Biblioteca Digital”, donde existe un buscador de publicaciones.

Contacto: fia@fia.cl