

Comunicación química en insectos: Preparación y uso de feromonas sexuales para el manejo integrado de plagas

NOTA TÉCNICA

Florencia Parpal*, Viviana Huguaburu*

Los insectos son el grupo que más utiliza sustancias químicas en procesos de comunicación y percepción del medio. Si esta comunicación se da entre individuos de una misma especie, las sustancias involucradas se conocen como feromonas, las cuales pueden participar en la localización de individuos para el apareamiento (feromonas sexuales), así como en una variedad de fenómenos de comunicación intraespecífica (alarma, camino, oviposición, marcado de territorio, estratificación social) (Agosta, 1992).

Las sustancias utilizadas por los insectos para comunicarse pueden ser manipuladas por el ser humano, con la finalidad de interferir en el éxito de esta comunicación. Las feromonas sexuales y de agregación han sido estudiadas en muchas especies del orden Lepidoptera (mariposas y polillas) por su potencial como herramienta para el manejo de plagas agrícolas de este grupo tan importante por su incidencia económica (Ando *et al.*, 2004). En la mayoría de las especies de lepidópteros, las feromonas sexuales son liberadas por las hembras y utilizadas por los machos para localizarlas desde grandes distancias con fines reproductivos. Las feromonas son específicas: distintas especies utilizan mezclas diferentes en proporciones definidas, de modo de favorecer el encuentro entre individuos de la misma especie en ambientes con múltiples señales químicas. En términos prácticos, esto significa que para cada especie plaga se debe identificar y sintetizar una feromona distinta (Birch, 1974).

La disrupción de la comunicación intraespecífica ha demostrado ser útil como método de control de algunas plagas, y se ha planteado como una alternativa para racionalizar o eliminar el uso de insecticidas de amplio espectro. Las tecnologías de control por medio de feromonas tienen la ventaja de no dejar residuos y de afectar únicamente a la especie objetivo, siendo por lo tanto aplicables en combinación con métodos de control biológico que utilicen parasitoides o depredadores. Entre los métodos de control, los más comunes involucran la liberación de feromonas



en cantidades suficientes para producir el fenómeno de confusión sexual, por el cual se desensibilizan los receptores en las antenas de los machos y éstos no son capaces de localizar a las hembras. Más recientemente se han utilizado trampas atrácticas, en las cuales el macho atraído por la feromona es eliminado por sustancias insecticidas localizadas en la trampa (Howse *et al.*, 1998).

Si bien las feromonas son potencialmente una importante herramienta de control, su mayor utilidad en el manejo de plagas ha sido como una eficaz herramienta de monitoreo. Debido a su alta especificidad y poder de atracción, las feromonas de un número importante de plagas agrícolas se utilizan en trampas, donde la captura de machos permite una evaluación precisa y temprana de las variaciones en las poblaciones de la plaga, posibilitando a técnicos y productores una planificación adecuada para la aplicación de insecticidas o liberación de agentes de control biológico (Moreira *et al.*, 2005). De esta manera se evita el uso innecesario de insecticidas, aumentando la eficacia y diversidad de los métodos de control disponibles.

El estudio de semioquímicos de insectos considerados plagas permite la potencial combinación de uso de insecticidas con tecnologías de control biológico, en el marco de programas de manejo integrado de plagas. Estos semioquímicos pueden incluir compuestos vinculados al llamado sexual de las especies en estudio (feromonas sexuales). Es por esto que la síntesis de feromonas sexuales de especies locales consideradas plaga de importancia económica en los

*Quim. Farm. y Lic. en Quim. Dpto. Química del Litoral, Polo Agroalimentario y Agroindustrial de Paysandú, EEMAC.

sectores agrícola, hortícola y/o forestal de la región (Bentancourt y Scatoni, 1999; Biezanko *et al.*, 1957), para su evaluación en el control y/o monitoreo de especies, permite desarrollar e implementar nuevas opciones para el control de plagas locales a combinarse con otras tecnologías, apuntando a minimizar el uso abusivo de insecticidas de amplio espectro. Esta propuesta se plantea en respuesta a problemáticas específicas de nuestro medio que han sido previamente identificados causando pérdidas importantes en el orden económico (Bentancourt y Scatoni, 1995): Se estudiarán las feromonas de las plagas de frutales *Argyrotaenia sphaleropa* y *Bonagota cranaodes*, la plaga de vid *Cryptoblabes gnidiella* y la plaga de soja *Crociosema aporema*.

***Argyrotaenia sphaleropa* y *Bonagota cranaodes* (lagartitas de manzano):**

La utilización de feromonas en el monitoreo de plagas en Uruguay es relativamente reciente y está en proceso de expansión. Hasta el momento se ha visto limitada a lepidópteros plagas de frutales, de amplia distribución e importancia económica internacional, especies cuyas feromonas han sido identificadas en otros países (por ej. *Cydia pomonella* y *C. molesta*). El uso de feromonas para monitoreo en frutales ha llevado a una reducción de hasta un 50% en el uso de insecticidas en la mayoría de los predios que adoptaron esta tecnología (Nuñez *et al.*, 2011). En los últimos años se ha observado un aumento de la incidencia de las lagartitas, *Argyrotaenia sphaleropa* y *Bonagota cranaodes*, en los montes evaluados de manzanos, con sus consecuentes daños a la fruta (Nuñez, 1999). Una alternativa al uso de insecticidas para el control de lagartitas, es la utilización de sus feromonas sexuales en técnicas de confusión sexual. En los últimos años, y en el marco de un programa de Producción Integrada de frutas, se han utilizado feromonas de monitoreo para plagas regionales como *Bonagota cranaodes* y *Argyrotaenia sphaleropa* (Nuñez, 1999 a). La feromona de *A. sphaleropa* fue identificada en un trabajo colaborativo entre investigadores de INIA, Facultad de Agronomía y científicos europeos (Nuñez *et al.*, 2002). Las feromonas *B. cranaodes* y *A. sphaleropa* están formadas por mezclas de aldehídos y acetatos alifáticos insaturados (Eiras, 1999). En el Laboratorio de Ecología Química de la Facultad de Química (Dr. Andrés González) se sintetizaron estas dos feromonas (*B. cranaodes* y *A. sphaleropa*), tanto para la realización de nuevos experimentos de uso en



campo como atraccidas (INIA-Las Brujas), como para su eventual comercialización regional por una empresa nacional (González y Rossini, 2000). Esta alternativa, de menor impacto ambiental que el uso de insecticidas, debe ser evaluada a nivel de campo para su posible implementación masiva. Para ello, se sintetizaron los componentes de las feromonas sexuales de *A. sphaleropa* y *B. cranaodes* para su potencial uso como control y/o monitoreo de estas plagas en montes de manzanos. Por lo tanto, ésta se plantea como una alternativa viable (de menor costo a largo plazo) a la compra de feromonas a nivel internacional, aprovechando la capacidad desarrollada en los últimos años en el área de química fina en Facultad de Química.

El Laboratorio de Ecología Química preparó estas feromonas en una escala de 15 y 10 gramos por lote de producto final, respectivamente. Considerando el costo por gramo de los distintos componentes de la feromona de *A. sphaleropa*, pueden ponderarse los mismos para estimar el costo de reactivos para 1 gramo de la mezcla, el cual oscila entre 9 y 10 U\$S según se considere la proporción natural de los componentes o aquella que se probó con mejores resultado en campo. La escala de trabajo utilizada es insuficiente para proyectarse a la obtención de feromona en escala de kilogramo, lo cual sería necesario para un uso masivo en confusión sexual. Sin embargo, considerando un factible uso en el monitoreo de la plaga en montes de manzano, la escala de síntesis se muestra como adecuada para un uso masivo en Uruguay, e incluso para proveer a países de la región, ya que en monitoreo se utiliza aproximadamente 1-2 cebos/hectárea, conteniendo desde 0,1 a 1 mg de feromona por cebo. Las escalas de obtención por lote son suficientes para la producción de dispensadores para una utilización masiva de feromonas en el monitoreo de ambas plagas. La escala es, a su vez, suficiente para la utilización de dispensadores para confusión sexual en escala experimental. Para una producción masiva

de dispensadores para confusión sexual es necesario aumentar la escala de síntesis. Sin embargo, el costo final de los reactivos para la síntesis de feromonas de *B. cranaodes* y *A. sphaleropa*, calculados de acuerdo a la metodología utilizada, podrían ser menores a U\$100 por gramo de feromona, una vez que la síntesis esté puesta a punto y escalada. Este costo representa como máximo un tercio del costo corriente a nivel internacional.

Cryptoblabes gnidiella (lagartita de la vid):

El sector vitivinícola uruguayo ha experimentado una profunda reconversión, apostando a la excelencia en la calidad de sus vinos. Sin embargo, el acceso a mercados y públicos más selectos, acarrea nuevos desafíos que tenderán a incrementarse en las próximas décadas. Entre estos desafíos se encuentra la adopción de procesos de producción diferenciados, de acuerdo a lineamientos y restricciones internacionales que se enmarcan en normativas para la certificación de producción integrada. Inserto en una variada gama de normas y restricciones se encuentra el manejo responsable de plagas y enfermedades, donde los lineamientos son exigentes, priorizando aquellos métodos de control con bajo impacto en el ambiente, y restringiendo el uso de productos fitosanitarios riesgosos para el consumidor, el trabajador rural, la fauna benéfica y el ambiente. En este marco, es necesario un conocimiento adecuado de los insectos que se hospedan en el viñedo, su biología, distribución y la dinámica de sus poblaciones. Es imprescindible que el sector cuente con herramientas para cuantificar el problema antes de adoptar medidas de control, y en segunda instancia ofrecerle métodos apropiados de control compatibles con la estabilidad del agroecosistema. El acceso a mercados selectos exige productos con mínimos niveles de residuos de plaguicidas, por lo que la solución a los problemas de plagas debe pasar por un manejo responsable de las mismas. La incidencia de plagas vitivinícolas en Uruguay aumenta progresivamente, y el control con insecticidas de amplio espectro causaría mayores desequilibrios. Los viticultores reclaman herramientas para la detección precoz de plagas, pronosticando situaciones emergentes, y para intervenir selectivamente en los momentos oportunos. Para anticipar un nivel de daño aceptable para una cierta plaga, o la necesidad de adoptar medidas de control, es imprescindible un monitoreo adecuado de las fluctuaciones de poblaciones de la plaga. Una de las plagas de vid de importancia creciente en



Uruguay es la lagartita *C. gnidiella* (Scatoni y Bentancourt, 1983; Bentancourt y Scatoni, 2006). Esta plaga foránea ingresó al país en 1981, incrementando su incidencia económica en Uruguay y sur de Brasil en los últimos años, como resultado del crecimiento del sector y la tendencia a cosechas más tardías de algunas variedades. Las larvas se instalan en los racimos y se alimentan de los granos, desmereciendo los mismos y favoreciendo el ingreso de podredumbres fúngicas o bacterianas. Su ataque es próximo a la cosecha, resultando en mayores pérdidas de uva, o vinos de peor calidad, debido a que sobre sus lesiones se facilita el ataque de microorganismos responsables de las podredumbres. En un seguimiento reciente de poblaciones en viñedos de Juanicó se determinó que la abundancia de racimos dañados crece significativamente a fines de febrero, por lo que las variedades de cosecha temprana son afectadas en menor grado. Sin embargo, la infestación en variedades como Gewurztraminer puede llegar a más del 60% de racimos dañados, como se determinó a fines de la temporada 2003-04 (Arcia *et al.*, 2006). En la empresa Establecimiento Juanicó se ha comenzado a monitorear la lagartita *C. gnidiella* mediante el uso de feromonas sexuales importadas desde Israel. Sin embargo, la utilización de estas feromonas no resulta sostenible por su alto precio y dificultades logísticas implicadas en su importación. Las trampas importadas tienen asimismo problemas de durabilidad en campo, lo que encarece aún más el costo de monitoreo. En los Laboratorios de Ecología Química y de Síntesis Orgánica de la Facultad de Química se ha desarrollado una síntesis a escala de laboratorio de los componentes de la feromona de *C. gnidiella*.

El uso de feromonas sexuales sintetizadas localmente como herramienta de control pretende atender esta situación sin aumentar considerablemente los costos del cultivo, y anticiparse a la generalización del problema. Como alternativa al uso indiscriminado de insecticidas, el desarrollo de estrategias de manejo basadas en el uso de feromonas sexuales, permite el monitoreo y control de adultos. *C. gnidiella*, que, por sus características biológicas y rango de hospederos, es una especie factible de ser controlada por atrayentes o por el método de confusión sexual. Con la feromona nacional obtenida a escala de laboratorio, se posibilitó el monitoreo experimental de adultos en la temporada 2007/2008, comparando positivamente su eficiencia con la de la feromona importada. Existen actualmente perspectivas para la síntesis de suficiente cantidad de feromona para un programa regional de monitoreo, el cual abarcará el conjunto de productores asociados en el grupo CREA Viticultores al cual pertenece la empresa Juanicó. De esta manera se pretende la optimización del método de monitoreo de la plaga, y el ajuste de un método de control de *C. gnidiella* que permita, con el mínimo impacto ambiental, evitar pérdidas de rendimientos y lograr la madurez polifenólica y concentración óptima de componentes de la baya para la elaboración de vinos finos de alta calidad, que puedan competir en el mercado internacional.

***Crociosema aporema* (barrenador de brotes):**

Uruguay ha experimentado en los últimos años una importante transformación en su sistema productivo agrícola. La introducción de soja resistente a herbicidas y la siembra directa han resultado en un crecimiento dramático del área sembrada de este cultivo, el cual ha pasado de 12.000 hectáreas en la zafra 2000/01 a más de 270.000 en 2004/05 (Ferrari, 2005), y casi 700.000 en la actualidad. El aumento en la superficie sembrada de soja, y su práctica en alternancia con praderas artificiales de leguminosas forrajeras, ha propiciado la expansión de plagas que utilizan ambos hospederos, y no tienen un complejo de enemigos naturales eficiente, resultando en un aumento muy pronunciado en el uso de agroquímicos (Castiglioni, 2005). Entre estas plagas se encuentra el barrenador de brotes o epinotia, cuya incidencia es muy importante en la región, siendo considerada como una de las principales plagas de legumbres y soja (Sánchez, 1997). Epinotia es una plaga de leguminosas originaria de Costa Rica y distribuida



actualmente desde el sur de Estados Unidos hasta Argentina, Chile y Uruguay. En nuestro país su incidencia aumentó marcadamente en la década entre 1970-80, y en el presente se encuentra ampliamente extendida en todo el territorio nacional. Aunque es más abundante entre los meses de noviembre y abril, *C. aporema* tiene actividad durante todo el año (Bentancourt y Scatoni, 1995). En Uruguay, fue descrita por primera vez sobre poroto y soja, encontrándose también en haba, alfalfa, arveja, lotus, trébol rojo, lino y otras leguminosas. A nivel mundial no representa un gran problema, por lo que no ha sido sujeto de investigación fuera de los países de la región. En nuestro país su incidencia sobre soja, lotus y trébol rojo, ha ido en aumento en los últimos años. Dado el marcado incremento en la superficie sembrada de soja, y la importancia del lotus como semilla forrajera exportable, los daños sobre estos dos productos definen la incidencia económica de esta especie en Uruguay. El control químico presenta dificultades, ya que por su característica de barrenador, se desarrolla dentro de los brotes foliares o florales. En el caso de semilleros, la utilización de insecticidas también se dificulta, ya que éstos afectan negativamente a los insectos polinizadores, en particular abejas, esenciales para la producción de semillas. Actualmente, durante la floración en semilleros, el control de epinotia se realiza por medio de inhibidores de la síntesis de quitina (por ej. *Triflumuron*) y aceleradores de la muda, que actúan mayormente por ingestión, y por lo tanto no afectan la actividad de los polinizadores. El uso de insecticidas reguladores de crecimiento tiene como consecuencia que el control químico tenga costos elevados, ya que se aplican más de una vez, y no siempre tienen la eficiencia deseada. Estos costos se verían reducidos, y se incrementaría la eficiencia de control, si existiera un método apropiado de monitoreo de la plaga para racionalizar las aplicaciones. Actualmente el monitoreo se realiza por observación y conteo

directo de larvas, tanto en soja como en leguminosas forrajeras. Este es un método engorroso, ineficiente en cuanto al uso de horas de personal técnico y de escaso valor predictivo. A nivel experimental se utilizan trampas de luz negra como forma de monitoreo, pero esta herramienta no es específica y no está difundida en forma masiva entre los productores. En soja, el control se basa en insecticidas de amplio espectro y de toxicidad relativamente alta como clorpirifos (Castiglioni, 2005). Las dificultades de monitoreo tienen como consecuencia una utilización profiláctica de insecticidas y por lo tanto un elevado número de aplicaciones (Castiglioni, 2004). Esta tendencia indudablemente presentará consecuencias negativas en cuanto a la contaminación de suelos y aguas, la evolución de poblaciones resistentes, y el decrecimiento de poblaciones de artrópodos benéficos, tanto de enemigos naturales como de polinizadores. Es de prever, por lo tanto, que el uso excesivo de agroquímicos que requiere el cultivo de la soja se presente a mediano plazo como una limitante importante para su sustentabilidad. Con respecto a las posibilidades de control biológico, epinotia tiene pocos enemigos naturales que, además, no son siempre eficientes y en la actualidad, investigadores de nuestro país trabajan en la importación, cría y liberación de un promisorio agente de control biológico (tricograma). Sin embargo, para poder emplear métodos biológicos de control, o utilizar eficientemente insecticidas reguladores de crecimiento, deben definirse los momentos adecuados de liberación de parasitoides de huevos o

aplicación de insecticidas. Para esto, es indispensable conocer con exactitud los picos de presencia de adultos. El empleo de la feromona sexual de epinotia para el monitoreo de la plaga se presenta como una opción viable y aplicable en el corto plazo, que permitiría avanzar en una estrategia de manejo sustentable de plagas de soja y otras leguminosas. El grupo de investigación del Laboratorio de Ecología Química, ha aislado, identificado y caracterizado la feromona sexual de *C. aporema* (Altesor, 2009).

Se llevaron a cabo bioensayos de laboratorio y de campo con la feromona natural, y se realizó una primera aproximación a la síntesis total de ambos componentes, con la que se pudo obtener la feromona en escala de laboratorio (Laboratorio de Ecología Química y Laboratorio de Síntesis Orgánica) (Alves y Gamemara, 2009; González, 2005). Con la feromona sintética se realizaron pruebas de campo en la Estación experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" de la Facultad de Agronomía (Paysandú) y en la estación INIA La Estanzuela, con resultados promisorios. La escala actual de síntesis es insuficiente para la realización de ensayos de campo más extensivos, y aún más para el diseño e implementación de programas de monitoreo. La optimización de la ruta sintética, y la producción de la feromona en escala de gramos permitirá la evaluación de campo de su efectividad como herramienta de monitoreo desarrollando tecnologías de manejo de epinotia basadas en feromonas, que sean de inmediata aplicación, y fácil transferencia al sector productivo.



Foto 1. Polo Agroalimentario Agroindustrial de Paysandú situado en la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"



Foto 2. Laboratorio de Química Agrícola del Departamento de Química del Litoral

**LABORATORIO DE QUÍMICA
AGRÍCOLA DEL POLO
AGROALIMENTARIO
AGROINDUSTRIAL DE PAYSANDÚ-
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
DEL LITORAL**

En los laboratorios de Química Agrícola del Departamento de Química del Litoral, ubicados en el Polo Agroalimentario Agroindustrial de Paysandú en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” se realiza la síntesis y escalado de componentes de feromonas sexuales de especies con alta incidencia económica en el sector agrícola (*A. sphaleropa*, *B. cranaodes*, *C. gnidiella*, *C. aporema*) para posibilitar la implementación de programas de manejo integrado de plagas. Las tareas específicas de esta línea de investigación recientemente instalada en la región corresponden a la puesta a punto de técnicas de síntesis orgánica a escala de laboratorio, específicas para componentes de feromonas para su posterior escalado.

Hasta el momento la síntesis de feromonas en Uruguay se ha realizado en intentos aislados, de manera de resolver un problema específico. A través del desarrollo de esta línea de investigación se pretende homogeneizar la estrategia de síntesis para una serie de feromonas estructuralmente relacionadas, y de esta manera crear un centro de referencia en cuanto a la síntesis en escala masiva de la mismas para



Foto 3. Laboratorio de Química Agrícola del Departamento de Química del Litoral



Foto 3. Laboratorio de Química Agrícola del Departamento de Química del Litoral

satisfacer las demandas del sector agrícola. De esta manera, se sintetizarán los componentes de las feromonas sexuales de las plagas mencionadas en cantidad suficiente para su utilización en el monitoreo. Para ello se está trabajando en determinar una ruta de síntesis adecuada para la obtención de cantidades mayores de cada uno de los compuestos. Finalmente, se formulará la mezcla para la preparación de dispensadores de monitoreo, de modo de posibilitar su evaluación a campo. De esta manera, se pretende desarrollar una tecnología basada en feromonas para la detección y monitoreo de las plagas de frutales, vid, soja y leguminosas forrajeras mencionadas, como un nuevo aporte al manejo y protección de cultivos. Por lo tanto, se hace vital el escalado de la síntesis de estas feromonas en cantidades de gramos para la implementación de ensayos de actividad a campo, determinación de la formulación más activa, y diseño e implementación de programas de monitoreo.

**NÚCLEO INTERDISCIPLINARIO DE
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Nuestro grupo de investigación desarrolla la síntesis y escalado de feromonas sexuales de insectos plaga de la región. Actualmente esta línea de investigación se dedica a la optimización de metodologías para la síntesis en escala de 10 a 20 gramos de feromonas sexuales de insectos plaga del sector agrícola: Las plagas de frutales *A. sphaleropa* y *B. cranaodes* (lagartitas de manzano), la plaga de vid *C. gnidiella*.

(lagartita de la vid) y la plaga de soja *C. aporema* (barrenador de brotes). La optimización de estas metodologías sintéticas se realiza a través del proyecto CSIC “Síntesis y escalado de feromonas de plagas de incidencia económica en el sector agrícola: Hacia un programa de manejo integrado de plagas” (Responsable: Dra. Viviana Haguaburu). Se trabaja en colaboración con los grupos del Laboratorio de Ecología Química (Dr. Andrés González) y Laboratorio de Síntesis Orgánica (Dra. Daniela Gamenara) de la Facultad de Química, así como también con el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía (Ing. Agr. Beatriz Scatoni), y con el Departamento de Protección Vegetal de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), Facultad de Agronomía, (Ing. Agr. Adela Ribeiro y Enrique Castiglioni), consolidando de esta manera una red temática en el uso de feromonas para el desarrollo de herramientas de monitoreo y control en programas de manejo integrado de plagas. El laboratorio de Ecología Química realiza la caracterización química de las feromonas sexuales, así como el estudio de comportamiento de insectos. Una vez identificados los componentes de la feromona, el Laboratorio de Síntesis Orgánica desarrolla la síntesis de los mismos en escala preparativa. Nuestro grupo de investigación optimiza las metodologías sintéticas para adecuar el proceso de síntesis a mayor escala, disponiendo de esta manera de los componentes de la feromona sexual en cantidades adecuadas para realizar los estudios de campo, a cargo de los grupos de la Facultad de Agronomía ya mencionados. El trabajo que se ha llevado adelante desde 2006 en síntesis y evaluación biológica de feromonas de insectos plaga se ha enmarcado en proyectos interdisciplinarios financiados por entidades nacionales e internacionales, y ha profundizado en el estudio químico y biológico de semioquímicos de plagas de vid, soja y granos almacenados. Los resultados obtenidos han sido presentados en congresos nacionales e internacionales, y publicados en revistas científicas especializadas y con referato. Esta línea de investigación se inserta en esta red para permitir la continuidad de los experimentos de campo y de esta manera trasladar la tecnología generada al sector productivo. La aplicabilidad de esta herramienta de manejo las plagas mencionadas, depende de varios factores, siendo uno de estos la síntesis de la feromona en escala adecuada para la implementación de trampas de monitoreo, y a costos accesibles para los productores. En particular, en el Departamento de Química del Polo Agroalimentario y Agroindustrial del Litoral Oeste (Paysandú) se está montando un laboratorio para trabajo específico en el escalado de síntesis de feromonas de plagas de

importancia económica en Uruguay.

Los resultados obtenidos por parte de investigadores del Laboratorio de Ecología Química y Laboratorio de Síntesis Orgánica en lo que refiere a la síntesis de feromonas sexuales de estas plagas y su implementación en programas de monitoreo, así como la demanda actual de cantidades suficientes de estas feromonas, motivaron la formación de esta línea de investigación y desarrollo. Se facilitará de esta manera la confección local de dispensadores de monitoreo, lo que permitirá en una primera instancia una optimización del método y la continuación de estudios de predicción de densidad de población ligados a medidas de control. Posteriormente, una escala mayor de síntesis permitirá extender esta herramienta de manejo a otras empresas del sector. Se plantea entonces la necesidad de síntesis de feromonas en escala masiva para la implementación de programas nacionales de manejo. Esto traerá aparejado un impacto social y económico beneficioso en lo que respecta a la optimización de ingresos y/o facilidad de comercialización: el uso de semioquímicos como método de control alternativo a los insecticidas resultará en un producto libre de residuos agroquímicos, y por lo tanto de calidad superior para el consumidor. Asimismo, podría impactar positivamente sobre la generación de empleo ya que se abren posibilidades para el desarrollo de microempresas de producción de feromonas para el mercado local y regional. Esto posibilitaría el desarrollo en las áreas de química fina y confección de dispensadores. En lo que refiere al impacto ambiental, la exitosa aplicación de semioquímicos se presenta como una alternativa al uso de insecticidas de amplio espectro, con consecuencias claramente favorables para el ambiente. Los beneficiarios directos de los resultados del proyecto serán los productores agrícolas que contarán con una herramienta eficiente, de bajo impacto y costo para manejar problemas de plagas. También se verán beneficiados los trabajadores rurales, los consumidores y el ambiente al disminuir el uso de agroquímicos. Las Instituciones se verán fortalecidas por haber conformado un grupo de trabajo interdisciplinario e interinstitucional capaz de continuar afrontando desafíos similares en otras especies o cultivos. Se pretende dotar al sector agrícola de herramientas eficientes, ambientalmente seguras y de bajo costo, para manejar un problema de plagas que causa perjuicios directos e indirectos a los cultivos, disminuyendo así la aplicación de insecticidas. La aplicación del proyecto permitirá eliminar el uso de insecticidas de amplio espectro y hará más eficiente el uso de insecticidas reguladores de crecimiento, disminuyendo el número de aplicaciones y posibilitará

la implementación de programas de control biológico a través de parasitoides de huevos.

Los resultados que se esperan obtener a través de esta línea de investigación son los siguientes:

- disponer de rutas sintéticas optimizadas para la síntesis de los componentes de feromonas sexuales de las plagas mencionadas;
- disponer de estas feromonas en escala de 10 gra-

mos;

- disponer de una herramienta adecuada para el monitoreo de estas plagas a nivel nacional, a un costo adecuado para una inmediata transferencia de la tecnología al sector productivo involucrado;

- proveer al sector productivo (frutales, vid, soja, semilleros de leguminosas forrajeras) de herramientas de manejo de plagas que contrarresten el avance de la contaminación ambiental asociada a este sector.

BIBLIOGRAFÍA

- AGOSTA, W. C., 1992.** Chemical communication, the language of pheromones. Scientific American Library: New York, p 180.
- ALTESOR, P.; ROSSINI, C.; ZARBIN, P.; GONZÁLEZ, A., 2009.** Sex pheromone of the bud borer *Epinotia aporema*: Chemical identification and male behavioral response. *Journal of Chemical Ecology*, 35: 349-354.
- ALVES, L.; GAMENARA, D., 2009.** Síntesis de (7Z,9Z)-dodecadienol y acetato de (7Z,9Z)-dodecadienilo, componentes de la feromona sexual de *Epinotia aporema*. CSIC-Iniciación a la investigación-503-2009.
- ANDO, T.; INOMATA, S. I.; YAMAMOTO, M. 2004.** Lepidopteran sex pheromones. *Topics on Current Chemistry*. 239; 51-96.
- ARCIA, P.; GONZÁLEZ, A.; GAMENARA, D.; BLUMETTO, G. 2006.** Síntesis de feromonas sexuales para el monitoreo y manejo de *Cryptoblabes gnidiella* en viñedos. PDT-Jóvenes investigadores en el sector productivo-S/PSP/02/66-Establecimiento Juanicó S.A., p 15.
- BENTANCOURT, C. M.; SCATONI, I. 1995.** Lepidópteros de importancia económica. Reconocimiento, biología y daños de las plagas agrícolas y forestales. Ed. Hemisferio Sur: Montevideo, Vol. I, p 122.
- BENTANCOURT, C. M.; SCATONI, I. 1999.** Guía de insectos y ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay. Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur: Buenos Aires. p 435.
- BENTANCOURT, C. M.; SCATONI, I. 2006.** Lepidópteros de importancia económica. Reconocimiento, biología y daños de las plagas agrícolas y forestales. 2da.ed. Hemisferio Sur- Facultad de Agronomía: Montevideo, p 437.
- BIRCH, M. C. 1974.** Pheromones. American Elsevier New York, p 495.
- BIEZANKO, C.; RUFFINELLI, A.; CARBONELL, C. 1957.** Lepidóptero del Uruguay. Lista anotada de especies, *Revista de Facultad de Agronomía, Montevideo*, 46: 1-152.
- CASTIGLIONI, E. 2004.** La soja avanza en el paisaje, y la chinche avanza sobre la soja. *Revista Cangüe*, 26: 2-6.
- CASTIGLIONI, E. 2005.** El desafío de una agricultura sustentable dependiente del uso de agroquímicos. *Revista Cangüe*, 27, 9-14.
- EIRAS, A. E. 1999.** Sex pheromone of the brazilian apple leafroller, *Bonagota cranaodes* Meyrick (Lepidoptera: Tortricidae). *Zeitsch. Naturf. C-A J. Biosc.* 54 (7-8): 595-601.
- FERRARI, J. M. 2005.** Anuario estadístico agropecuario. Estadísticas Agropecuarias (DIEA), MGAP: Uruguay. [http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,63,0,S,0,MNU;E;27;4;MNU;,"](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,63,0,S,0,MNU;E;27;4;MNU;,)
- GONZÁLEZ, A. 2005.** Desarrollo de una tecnología basada en feromonas para el monitoreo de *Epinotia aporema* en cultivos de oleaginosas y pasturas: caracterización química de la feromona sexual; implementación y evaluación en campo de trampas de monitoreo. INIA: 2005. p 20.
- GONZÁLEZ, A.; ROSSINI, C., 2000.** Síntesis de feromonas de plagas frutales y tomate de incidencia económica en el sector hortícola frutícola (*Argyrotaenia sphaleropa*, *Bonagota cranaodes* y *Scrobipalpuloides absoluta*). Proyecto INIA-LIA-004-2000. p 25.
- HOWSE, P.; STEVENS, I.; JONES, O. 1998.** Insect pheromones and their use in pest management. Chapman & Hall: London, p 369.
- MOREIRA, M. A.; CORACINI, M. D.; ZARBIN, P., 2005.** *Química Nova* 28: 472-477.
- NUÑEZ, S.; DUARTE, F.; SCATONI, I.; CROCE, C.; CARBONE, F. 2011.** Manejo Regional de Plagas en Frutales. *Revista INIA*, 26: 61-64.
- NUÑEZ, S. 1999.** Evaluación del método de confusión sexual y aplicación reducida de insecticidas para el control de carpocasca y lagartitas de manzano. INIA, Actividades de difusión no 204, Reunión técnica sobre resultados experimentales en protección vegetal en frutales y vid, 1-3.
- NUÑEZ, S.; RODRIGUEZ, J. J.; PERSOONS, C. J.; SCATONI, I. 2002.** Sex pheromone of south american tortricid moth *Argyrotaenia sphaleropa*. *Journal of Chemical Ecology* 28: 425-32.
- SCATONI, I.; BENTANCOURT, C. M. 1983.** *Cryptoblabes gnidiella* (Millière), una nueva lagarta de los racimos en los viñedos de nuestro país. *Rev. A.I.A. Uruguay*, 1 (4): 266-268.
- SÁNCHEZ, N. E.; PEREYRA, P. C.; GENTILE, M. V. 1997.** Population parameters of *Epinotia aporema* (Lepidoptera: Tortricidae) on soybean. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 56; 151.



ir a Sumario