

gorgojo (*Anthonomus grandis grandis*), también es efectivo contra el gusano del tabaco (*Helicoverpa virescens*). Se han probado docenas de inhibidores de alimentación, y la primera sustancia prometedoras debería alcanzar el mercado muy pronto. Aunque la forma realmente interesante de que los inhibidores se conviertan en productos comercialmente viables, no es la producción por síntesis de moléculas sencillas, sino por medio de biotecnología, "enseñando" a las plantas a producir los suyos propios.



III. La promesa de la biotecnología

Una bacteria llamada *Bacillus thuringiensis* tiene un gen que codifica una toxina letal para muchos insectos. Recientemente, los ingenieros genéticos copiaron ese gen y lo insertaron en el ADN de una planta de algodón. La planta de algodón obedientemente fabricó la toxina, con lo cual se mantuvo libre de insectos. El mismo gen se ha insertado en el ADN de plantas de tomate y parece dar a esta planta la misma resistencia.

Debido a que los insectos son numerosos, es fácil concluir que éstos por lo pronto están ganando la batalla, pero estamos aprendiendo que las armas químicas de las plantas también son impresionantes. Se han identificado ya más de 10 000 moléculas naturales cuya actividad facilita el combate contra los insectos, y cuyos efectos nocivos sobre los cultivos incluyen dejar las hojas, tallos o frutos con aspecto y sabor desagradables, producir daños gástricos e, incluso, la muerte. Al multiplicar las defensas de las plantas, los bioquímicos esperan eliminar el uso de pesticidas sintéticos que son muy costosos en cuanto a sus impactos económico y ambiental.

IV. Actividades

1. Leer el artículo de referencia y someterlo a discusión con los alumnos. Solicitarles escriban un breve ensayo sobre el uso de la biotecnología y la manipulación genética para el desarrollo de pesticidas naturales y los comparen con las prácticas actuales de uso de pesticidas químicos.

2. Solicitar a los alumnos investiguen los tipos de estructuras orgánicas de algunas de las moléculas mencionadas tanto en el artículo como en la guía. Pedirles que identifiquen similitudes, diferencias y los distintos grupos funcionales que las caracterizan (terpenos, ésteres, tioles, etcétera).
3. Comparar la estructura molecular de estas moléculas con la de los pesticidas artificiales (DDT, Malathion, etcétera).
4. Investigar la situación del uso de pesticidas e insecticidas en el campo mexicano. Los tipos de productos que se usan para los principales productos de consumo interno y de exportación.
5. Relacionar la información de este artículo con otros sobre temas similares en *¿Cómo ves?* Por ejemplo, el artículo "El Chile, de América para el mundo", de Rosa María Catalá (No. 49, diciembre 2002).

V. Bibliografía

Chen, Ingfei, "Plants bite back", *Science News*, 1990.
Wood, Claire. "Plants fight back", *Chem Matters* (ACS), abril, 1996.

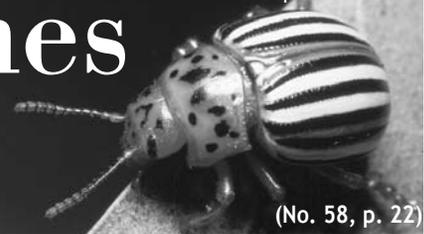
Esperamos sus comentarios y sugerencias, que pueden hacer con atención a: Rosa María Catalá, al teléfono 56227297, fax 54 24 01 38, correo electrónico comoves@universum.unam.mx

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.



Los perfumes de la vida

de Helena Porta Ducoing



(No. 58, p. 22)

Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, de modo que se adapte a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso "broche de oro" para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

I. Relación con los temarios del bachillerato UNAM

Esta guía pueden utilizarla los maestros de química, biología y educación ambiental (o materias afines) de forma separada o conjunta, ya que se ponen de manifiesto aspectos tanto científicos como éticos relacionados con la enorme cantidad de pesticidas que se utilizan (con grandes riesgos para los agricultores que los aplican y los consumidores) y que podrían reemplazarse con pesticidas naturales.

II. Las plantas se defienden

En la guerra inabarcable entre las plantas y los insectos, parecería que la apuesta es lógica: los insectos siempre acaban ganando. "En una esquina", es decir, por un lado tenemos a aproximadamente 800 000 especies de insectos herbívoros que pueden volar, saltar, arrastrarse o dispersarse de numerosas maneras sobre sus

indefensas víctimas. El entomólogo inglés C. B. Williams estima que ¡por cada humano del planeta existen 200 millones de insectos! En "la otra esquina" y como contrincantes de esta dura lucha tenemos a las plantas, enraizadas en un solo lugar, sin poder moverse. Parecería que a las plantas sólo les queda esperar el violento ataque de las hordas de voraces y prolíficos insectos. Pero esto es pura apariencia dado que, de forma discreta e invisible, las plantas se defienden a sí mismas, como bien se explica en el artículo de referencia, por medio de diversas armas químicas.

Los científicos están descubriendo que las plantas producen gran variedad de sustancias químicas que resultan tóxicas para sus depredadores. Éstas pueden actuar como:

- insecticidas, matando a los insectos;
- repelentes, causando que los insectos se molesten y se vayan a otro lado;
- reguladores de crecimiento, interrumpiendo sus ciclos de vida, e
- inhibidores de alimentación (*antifeedants*, en inglés) causando que los insectos dejen de comer.

Los investigadores están buscando alternativas para los insecticidas y pesticidas sintéticos que se siguen usando por toneladas en todo el mundo para combatir las plagas de insectos en los cultivos y, a través del estudio de las plantas, están

encontrando cientos de nuevos caminos para utilizar sustancias naturales, menos agresivas para los demás seres vivos.

a) Insecticidas a partir de plantas

Los insecticidas sintéticos (fabricados en plantas químicas), se introdujeron comercialmente en los años cercanos al final de la Segunda Guerra Mundial y se siguen utilizando en todo el mundo. Antes de esta guerra, se utilizaban varios pesticidas naturales extraídos de plantas. Uno de ellos era la nicotina, un

compuesto que constituye aproximadamente un 5% del peso de las hojas de tabaco secas. La nicotina es un potente veneno nervioso, y su habilidad de matar insectos se ha conocido por siglos. En la América colonial, las hojas secas de tabaco se ponían en los cargamentos de alimentos y en las cartas y paquetes que se mandaban por barco, para evitar que se infestaran de insectos.

En 1596, un médico español llamado Monardes recomendaba un jarabe hecho a base de hojas de tabaco como remedio para las lombrices intestinales, el cual "matábales y expelías maravillosamente". Uno no puede evitar pensar en cuántos pacientes sobrevivían este tratamiento, considerando que una persona de 70 kg muere envenenada con tan sólo 3.5 g de nicotina (tiene una dosis letal de 50 mg/kg —DL-50—). Hay que recordar que la dosis letal (DL) es la dosis que mata la mitad de los organismos en la que se prueba la sustancia. Por ello, a medida que se fueron sintetizando insecticidas menos tóxicos, el uso de la nicotina cayó considerablemente en todo el mundo (con los millones de personas que la consumen fumando es más que suficiente).

Los únicos insecticidas naturales que se siguen comercializando actualmente son las piretrinas, un grupo de sustancias químicas derivadas de las flores de crisantemo secas. Las flores que



proceden de Japón y Kenia, contienen alrededor del 2% de ingredientes activos. Una vez secas, se muelen y su polvo puede aplicarse directamente sobre las plantas o bien puede obtenerse un líquido para rociar, tratando el polvo con mezclas de disolventes (metanol/keroseno) que tienen características polares y no polares respectivamente. Las piretrinas son relativamente no tóxicas para los humanos en dosis que han probado

ser fatales para la mayoría de los insectos caseros. Una dosis baja, por ejemplo, produce una rápida parálisis en la mosca común.

b) Mensajes químicos

La estrategia más sutil que han desarrollado las plantas para sobrevivir en un ambiente hostil es la liberación de feromonas y hormonas, sustancias químicas que los insectos producen para regular sus vidas. Las feromonas pueden actuar como atractores sexuales de los insectos, señales de alarma y una gran variedad de otros detonantes o reguladores del comportamiento. Pero las plantas pueden usar las feromonas para enviar mensajes falsos a sus enemigos. Por ejemplo, cuando una planta de papa silvestre está infestada de áfidos (pulgones succionadores), los repele al liberar una feromona de alarma equivalente a la que producen estos animalitos. Por otro lado, las hormonas son compuestos que liberan las plantas para interrumpir los intrincados ciclos de vida de los insectos. Muchas especies de heno producen beta-ecdisona, una poderosa hormona que se libera en el periodo de muda de piel y que produce, por ende, el despellejamiento despiadado e inoportuno de los insectos a medio almuerzo.

Muchas plantas mimetizan la presencia de insectos jóvenes al liberar hormonas de creci-

miento. Estas moléculas impostoras tienden a mantener al insecto en un estado inmaduro, de manera que impiden que los insectos lleguen a su etapa adulta y sean más peligrosos para ellas. Por ejemplo la 2-undecanona, que previene la pupación del gusano del tomate y del betabel, es muy similar en estructura y comportamiento químico a la hormona juvenil JH-1.

Otras plantas contienen hormonas anti-juveniles llamadas recocemos. Cuando las larvas de insectos ingieren estos compuestos, se desarrollan como adultos estériles y poco adaptados.

c) Inhibidores de alimentación

Los investigadores están buscando nuevos pesticidas naturales dirigiendo su atención a las moléculas que son inhibitoras de la alimentación del insecto. Este tipo de inhibidores son sustancias químicas que no matan al insecto directamente sino que inhiben su deseo de alimentarse. Los animalitos se quedan en las vecindades (no mueren ni se van rápido) pero se niegan a comer y, por lo tanto, en varios días acaban muriendo por inanición. Para que estos insecticidas sean comercialmente viables, los inhibidores de alimentación deben seleccionarse entre una o dos especies de insectos (ser muy específicos); ser efectivos a muy bajas concentraciones; estables durante su almacenamiento y baratos, lo cual no siempre es fácil de lograr. El principal reto de laboratorio es discriminar entre las docenas de sustancias que libera una planta, cuáles son las activas como inhibidores. El escarabajo de la papa colorada (*Leptinotarsa decemlineata*) es un insecto particularmente destructivo que se alimenta del follaje de las papas y varias otras plantas de consumo masivo. Su control requiere aplicaciones anuales extensivas de pesticidas, y el escarabajo ha desarrollado resistencia a la mayoría de los insecticidas tradicionales.

En la Universidad de Maine, en Estados Unidos, los científicos han probado la eficacia del "limonin", una sustancia de la familia de los terpenos que produce el sabor amargo de los limones y resulta un efectivo inhibidor de alimentación para la fase larvaria de este insecto. La azadiractina es uno de los inhibidores aislados hasta la fecha más potentes y se ha encontrado en las semillas del árbol de margosa que crece en Asia y África subtropical. Cuando está presente en concentraciones de sólo dos nanogramos por centímetro cuadrado, previene que la voraz langosta de cactus se alimente. Desafortunadamente, la estructura molecular de la azadiractina es muy complicada, lo que hace que su manufactura de forma sintética sea inviable. El warburganal, que se aísla de una planta del África oriental, tiene una estructura más simple y se ha encontrado que es efectivo contra el llamado gusano africano del ejército (*Pseudaletia unipuncta*), cuyo estado de oruga consume anualmente vegetación de todos los continentes.

Ocasionalmente un compuesto que provee protección en una planta resulta que también funciona con otra que no tiene ninguna relación con la primera. El gossypol, un compuesto que protege a la planta de algodón contra un tipo de

